

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ ЛИЦЕЙ
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА
ХАРЬКОВСКОГО ОБЛАСТНОГО СОВЕТА**

**РАЗРАБОТКА
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
ТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ
СРЕДАХ»**

**Снежко Л.В. - учитель
физики,
специалист 1 категории
Харьковского лицея
городского хозяйства
Харьковского
областного совета**

ХАРЬКОВ – 2008

**РАЗРАБОТКА
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
ТЕМЫ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ»**

Снежко Л.В. - Учитель физики, специалист 1 категории

**Харьковский лицей
городского хозяйства
Харьковского областного
совета**

В сборнике дана разработка учебного материала для 10 класса по теме «Электрический ток в различных средах», предназначенного для самостоятельного изучения нового материала учащимися, а также подобраны контрольные дифференцированные вопросы и задачи, предназначенные для закрепления и проверки изученного материала. Сборник содержит теоретический материал и разноуровневые задания согласно требованиям программ.

Харьков, ул. Бажанова, 17,
тел. 7073263; 7073032

Содержание

График работы	4
План самостоятельной работы учащихся по теме «Электрический ток в различных средах»	6
Таблица подведения итогов	18
Лист успеваемости и подведения итогов	18
Лекция 1. Электрический ток в различных средах.	19
Лекция 2. Электрический ток в металлах	20
Лекция 3. Электрический ток в полупроводниках	21
Лекция 4. Электрический ток в вакууме	44
Лекция 5 Электрический ток в жидкостях	52
Лекция 6. Электрический ток в газах	59
Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в различных средах»	73
Тесты	74
Домашняя контрольная работа	79
Зачетная работа «Электрический ток в различных средах»	84
Литература	111

График работы

№/№ п/п	дата	Тема занятия	Вид занятий	Литература	Количес тво часов
I		Электрический ток в различных средах			24 = 10+14
1 2		Электрический ток в металлах	лекция	Гончаренко С.У. Физика – 10 §§ 75 - 77 (с.230 – 236)	2
3 4		Электрический ток в полупроводниках	лекция	Гончаренко С.У Физика – 10 §§ 78 - 84 (с.237 – 252)	2
5 6		Электрический ток в вакууме	лекция	Гончаренко С.У Физика – 10 §§ 85 - 87 (с.253– 258)	2
7 8		Электрический ток в жидкостях	лекция	Гончаренко С.У Физика - 10 §§ 88 - 90 (с.260 – 266)	2
9 10		Электрический ток в газах	лекция	Гончаренко С.У Физика – 10 §§ 91 - 93 (с.267 – 277)	2
11 12		Решение задач по теме: «Электрический ток в металлах»	практика	Гончаренко С.У. Физика - 10 §§ 75 - 77 (с.230 – 236)	2
13 14		Решение задач по теме: «Электрический ток в полупроводниках»	практика	Гончаренко С.У Физика – 10 §§ 78 - 84 (с.237 – 252)	2
15 16		Решение задач по теме: «Электрический ток в вакууме»	практика	И.М. Гельфгат «Сборник разноуровневых заданий для ГИА». Раздел 9 Задачи № 9.1 – 9.33	2
17 18		Решение задач по теме: «Электрический ток в жидкостях»	практика	И.М. Гельфгат «Сборник разноуровневых заданий для ГИА». Раздел 9 Задачи № 9.1 – 9.33	2
19 20		Решение задач по теме: «Электрический ток в газах»	практика		2
21 22		Решение задач по теме: «Электрический ток в различных средах»	практика		2
23 24		Тематическая контрольная работа по теме: «Электрический ток в различных средах». Тесты.	практика		2

1. ПЛАН САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
1		Электрический ток в металлах	<p>Знать: физический смысл электрического тока в металлах; основные положения электронной проводимости металлов; термоэлектронной эмиссии; зависимость сопротивления проводника от температуры; сверхпроводимости.</p> <p>Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления проводника, строить зависимости сопротивления проводника от температуры.</p>

ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ»

ПЛАН ИЗЛОЖЕНИЯ ВОПРОСА	ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ
<p>1. Электронная проводимость металлов</p> <ul style="list-style-type: none"> -определение электрического тока в металлах; -экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах; -движение электронов в металлах; - направление движения электрического тока в металлах; - скорость движения электронов в металлах; - применение электронной проводимости металлов в технике. <p>2. Зависимость сопротивления проводника от температуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физический смысл температурного коэффициента сопротивления; - связь сопротивления проводника с его геометрическими размерами; - формула для расчета удельного сопротивления (сопротивления) проводника от температуры и ее анализ; - график удельного сопротивления проводника от температуры и его анализ. <p>3. Сверхпроводимость:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физический смысл сверхпроводимости; - условие возникновения сверхпроводимости при очень низких температурах и высоких температурах; -условие исчезновения сверхпроводимости; -применение сверхпроводимости; <p>4. Примеры решения задач по теме «Электронная проводимость металлов»</p> <p>5. Вопросы и задачи по теме «Электронная проводимость металлов» для самостоятельного решения</p>	<p>1. Гончаренко С.У. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с §§ 75 - 77 (с.230 – 236)</p> <p>2. Коршак Е.В. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с §§ 76 - 78 (с.235 – 242)</p> <p>3 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
2		Электрический ток в полупроводниках	<p>Знать: физический смысл: электрического тока в полупроводниках; строения полупроводников, электронной и дырочной проводимости, донорной и акцепторной примесей; устройство и принцип работы полупроводникового диода и транзистора; устройство и принцип работы термистора и фоторезистора.</p> <p>Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления полупроводника, строить зависимости сопротивления полупроводника от температуры.</p>

<p>1. Электрический ток в полупроводниках:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение полупроводников; - строение полупроводников; - электронная проводимость полупроводников; - дырочная проводимость полупроводников. <p>2. Электрическая проводимость полупроводников при наличии примесей:</p> <ul style="list-style-type: none"> - особенность полупроводников; - донорные примеси; - акцепторные примеси; <p>3. Электрический ток через контакт полупроводников p - и n –типов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - прямой и обратный переходы полупроводников p - и n –типов; - вольт – амперная характеристика прямой и обратный переходы полупроводников p - и n – типов. <p>4. Полупроводниковый диод:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство полупроводникового диода; - принцип работы полупроводникового диода; - применение полупроводникового диода в технике. <p>5. Транзисторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство транзистора; - принцип работы транзистора; - применение транзистора в технике. <p>6. Термисторы</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство термистора; - принцип работы термистора; - применение термистора в технике. <p>7. Фоторезисторы.</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство фоторезистора; - принцип работы фоторезистора; - применение фоторезистора в технике. <p>8. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в полупроводниках»</p> <p>9. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в полупроводниках»</p>	<p>1. Гончаренко С.У. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с §§ 78 - 84 (с.237 – 252)</p> <p>2. Коршак Е.В. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с §§ 79 - 86 (с.243 – 263)</p> <p>3 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>
--	--

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
3		Электрический ток в вакууме	<p>Знать: физический смысл электрического тока в вакууме, термоэлектронной эмиссии, тока насыщения, устройство и принцип работы вакуумного диода. электронно-лучевой трубки; вольтамперную характеристику диода.</p> <p>Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в вакууме</p>

<p>. Электрический ток в вакууме:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физический смысл вакуума; - условия существования электрического тока в вакууме; - термоэлектронная эмиссия; - односторонняя проводимость <p>2. Вакуумный диод:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство вакуумного диода; - принцип работы вакуумного диода; - вольт – амперная характеристика диода; - применение вакуумного диода в технике. <p>3. Электронные пучки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение электронных пучков; - свойства электронных пучков; - использование электронных пучков. <p>4. Электронно-лучевая трубка:</p> <ul style="list-style-type: none"> - устройство электронно-лучевой трубки; - принцип работы электронно-лучевой трубки; - применение электронно-лучевой трубки: в технике. <p>5. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в вакууме»</p> <p>6. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в вакууме»</p>	<p>1. Гончаренко С.У. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с §§ 85 - 87 (с.253 – 258)</p> <p>2. Коршак Е.В. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с §§ 79 - 88 (с.264 – 270)</p> <p>3 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>
--	--

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
4		Электрический ток в жидкостях	<p>Знать: физический смысл электрического тока в жидкостях, электрической диссоциации, рекомбинации, электролиза; законы электролиза</p> <p>Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в жидкостях</p>

<p>1. Электрический ток в жидкостях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электролитическая диссоциация; - ионная проводимость; - электролиз и его применение <p>2. Законы электролиза</p> <ul style="list-style-type: none"> - первый закон Фарадея; - второй закон Фарадея; - определение заряда электрона. <p>3. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в жидкостях»</p> <p>4. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в жидкостях»</p>	<p>1. Гончаренко С.У. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с §§ 88 – 90 (с.260 – 266)</p> <p>2. Коршак Е.В. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с §§ 89 - 92 (с.271 – 277)</p> <p>3 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>
--	--

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
5		Электрический ток в газах	<p>Знать: физический смысл электрического тока в газах, электрического разряда, ионизации газов, несамостоятельного самостоятельного и разрядов, плазмы; типы разрядов, свойство плазмы.</p> <p>Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в газах</p>

<p>1. Электрический ток в газах:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физический смысл электрического тока в газах; - ионизация газов; - проводимость газов; - рекомбинация в газах. <p>2. Несамостоятельный разряд:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение несамостоятельного разряда; - условия возникновения несамостоятельного разряда; - зависимость силы тока от напряжения при несамостоятельном разряде и ее анализ. <p>3. Самостоятельный разряд:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение самостоятельного разряда; - условия возникновения самостоятельного разряда; - зависимость силы тока от напряжения при самостоятельном разряде и ее анализ. <p>4. Типы самостоятельных разрядов и их применение:</p> <ul style="list-style-type: none"> - тлеющий разряд; - электрическая дуга; - коронный разряд; - искровой разряд. <p>5. Плазма:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определение плазмы; - свойства плазмы; - плазма в космическом пространстве; - применение плазмы в технике. <p>6. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в газах»</p> <p>7. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в газах»</p>	<p>1. Гончаренко С.У. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с §§ 91 - 93 (с.267 – 277)</p> <p>2. Коршак Е.В. Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с §§ 87 - 88 (с.271 – 278)</p> <p>3 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>
---	--

№/№ П/П	дата	ТЕМА	ЦЕЛИ
6		Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в различных средах»	Знать: основные законы, физические величины, характеризующие электрический ток в различных средах, их единицы измерения. Уметь решать задачи, строить графики, характеризующий электрический ток в различных средах.
7		Зачетная работа «Электрический ток в различных средах»	Знать: основные законы, физические величины, характеризующие электрический ток в различных средах, их единицы измерения. Уметь решать задачи, строить графики по теме характеризующий электрический ток в различных средах

<p>1. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в различных средах»</p> <p>Примечание: выполнить самостоятельно перечисленные задачи и ответить на вопросы раздел 8 – 9 И. М. Гельфгат «Сборник разноуровневых заданий для ГИА» согласно таблицы оценивания.</p> <p>Выполнение домашней контрольной работы по вариантам.</p>	<p>1 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>
<p>1. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в различных средах».</p> <p>Примечание: Тесты по вариантам. Каждый ученик получает свой вариант тестовых заданий.</p>	<p>1 Гельфгат И. М. и др. Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия». 2003 – 80 с. с.39-42; 46-48.</p> <p>4. Интернет</p>

**Таблица
ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ**

СОСТАВЛЕНИЕ КОНСПЕКТА, БАЛЛЫ	ЗАЩИТА КОНСПЕКТА, БАЛЛЫ	РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, БАЛЛЫ	ДОМ КОН/РАБ БАЛЛЫ	ЗАЧЕТНАЯ РАБОТА БАЛЛЫ	ВСЕГО БАЛЛОВ	ОЦЕН КА
24 - 25	15	33 - 34	40 – 42	38 – 40	150 – 156	12
22 - 23	14	31 – 32	37 – 39	35 – 37	139 – 145	11
20 - 21	13	29 – 30	34 – 36	32 – 34	128 - 134	10
18 – 19	12	27 – 28	31 – 33	29 – 31	117 - 123	9
16 – 17	11	25 - 26	28 – 30	26 – 28	106 - 112	8
14 – 15	10	23 - 24	25 – 27	23 – 25	95 - 101	7
12 – 13	9	21 - 22	22 – 24	20 – 22	84 - 90	6
10 – 11	8	19 - 20	19 – 21	17 – 19	73 - 79	5
8 – 9	7	17 - 18	16 – 18	14 – 16	62 - 68	4
6 – 7	6	15 - 16	13 – 15	11 – 13	51 - 57	3
4 – 5	5	13 - 14	10 – 12	8 – 10	40 - 46	2
1 -3	4	10-12	7 – 9	5 – 7	27 - 35	1

**ЛИСТ УСПЕВАЕМОСТИ И
ПОДВЕДЕНИЯ ИТОГОВ**

ФАМИЛИЯ ИМЯ	СОСТАВЛЕНИЕ КОНСПЕКТА, БАЛЛЫ	ЗАЩИТА КОНСПЕКТА, БАЛЛЫ	РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ, БАЛЛЫ	ЗАЧЕТНАЯ РАБОТА БАЛЛЫ	ДОМ КОНТР/РАБ, БАЛЛЫ	ВСЕГО БАЛЛОВ	ОЦЕНКА ПОДПИСЬ УЧИТЕЛЯ

ЛЕКЦИИ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

1. Электрический ток в металлах
2. Электрический ток в полупроводниках
3. Электрический ток в полупроводниках
4. Электрический ток в жидкостях
5. Электрический ток в газах
6. Вопросы и задачи по теме «Электрический ток в различных средах»
7. Зачетная работа «Электрический ток в различных средах»

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

В этой разделе физики вы познакомитесь с физическими процессами, обуславливающими прохождение тока в различных средах.

I. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Электрический ток проводят твердые, жидкие и газообразные тела. Чем эти проводники отличаются друг от друга?

Мы познакомились с электрическим током в металлических проводниках, познакомились с установленной экспериментально вольт-амперной характеристикой этих проводников — законом Ома. Металлические проводники находят самое широкое применение в передаче электроэнергии от источников тока к потребителям. Кроме того, эти проводники используются в электродвигателях и генераторах, электронагревательных приборах и т. д.

Наряду с металлами *хорошими проводниками, т. е. веществами с большим количеством свободных заряженных частиц, являются водные растворы или расплавы электролитов и ионизованный газ — плазма.* Эти проводники также широко используются в технике.

В вакуумных электронных приборах электрический ток образуют потоки электронов.

Кроме *проводников и диэлектриков* (веществ с небольшим количеством свободных заряженных частиц). имеется группа веществ, проводимость которых занимает промежуточное положение между проводниками и диэлектриками. Эти вещества не настолько хорошо проводят электричество, чтобы их назвать проводниками, и не настолько плохо, чтобы их отнести к диэлектрикам. Поэтому они получили название *полупроводников*.

До недавнего времени полупроводники не играли заметной практической роли. В электротехнике и радиотехнике применяли исключительно различные проводники и диэлектрики. Положение существенно изменилось, можно даже сказать, что в радиотехнике произошла

революция, когда сначала теоретически, а затем экспериментально была и изучена легко осуществимая возможность управления электрической проводимостью полупроводников.

Для передачи электрической энергии по проводам применяют проводники.

Полупроводники применяют в качестве элементов, преобразующих ток в радиоприемниках, вычислительных машинах и т.д.

Вопросы.

1. *Перечислите хорошие проводники электрического тока.*
2. *Чем отличаются проводники от полупроводников?*

II. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В МЕТАЛЛАХ

Знать: физический смысл электрического тока в металлах; основные положения электронной проводимости металлов; термоэлектронной эмиссии; зависимость сопротивления проводника от температуры; сверхпроводимости.

Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения, сопротивления проводника, строить зависимости сопротивления проводника от температуры.

ПЛАН

1. Электронная проводимость металлов

- определение электрического тока в металлах;
- экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах;
- движение электронов в металлах;
- направление движения электрического тока в металлах;
- скорость движения электронов в металлах;
- применение электронной проводимости металлов в технике.

2. Зависимость сопротивления проводника от температуры:

- физический смысл температурного коэффициента сопротивления;
- связь сопротивления проводника с его геометрическими размерами;
- формула для расчета удельного сопротивления (сопротивления) проводника от температуры и ее анализ;
- график удельного сопротивления проводника от температуры и его анализ.

3. Сверхпроводимость:

- физический смысл сверхпроводимости;
- условие возникновения сверхпроводимости при очень низких температурах и высоких температурах;
- условие исчезновения сверхпроводимости;
- применение сверхпроводимости;

4. Примеры решения задач по теме «Электронная проводимость металлов»

1. ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Начнем с металлических проводников. Вольт-амперная характеристика этих проводников нам известна, но пока ничего не говорилось о ее объяснении с точки зрения молекулярно - кинетической теории.

Носителями свободных зарядов в металлах являются электроны. Их концентрация велика — порядка 10^{28} м^{-3} . Эти электроны участвуют в беспорядочном тепловом движении. Под действием электрического поля они начинают перемещаться упорядоченно со средней скоростью порядка 10^{-4} м/с .

Экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах. Экспериментальное доказательство того, что проводимость металлов обусловлена движением свободных электронов, было дано в опытах Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси (1913 г.), Б. Стюартом и Р. Толменом (1916 г.). Схема этих опытов такова.

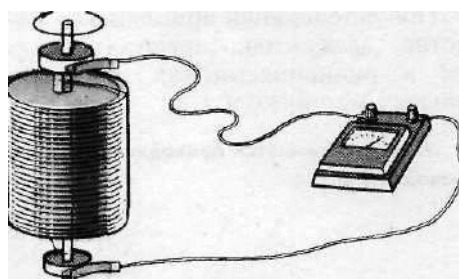


Рисунок 1

На катушку наматывают проволоку, концы которой припаивают к двум металлическим дискам, изолированным друг от друга (рис. 1). К концам дисков при помощи скользящих контактов присоединяют гальванометр.

Катушку приводят в быстрое движение, а затем резко останавливают. После резкой остановки катушки свободные заряженные частицы некоторое время движутся относительно проводника по инерции, и, следовательно, в катушке возникнет электрический ток. Ток существует незначительное время, так как из-за сопротивления проводника заряженные частицы тормозятся и упорядоченное движение частиц, образующее ток прекращается.

Направление тока говорит о том, что он создается движением отрицательно заряженных частиц. Переносимый при этом заряд пропорционален отношению заряда частиц, создающих ток, к их массе, т. е. q/m . Поэтому, измеряя заряд, проходящий через гальванометр за время существования тока в цепи, удалось определить это отношение. Оно оказалось равным $1,8 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$. Эта величина совпадает с отношением заряда электрона к его массе e/m , найденным ранее из других опытов.

Движение электронов в металле. Электроны под влиянием постоянной силы, действующей на них со стороны электрического поля, приобретают определенную скорость упорядоченного движения. Эта скорость не

увеличивается в дальнейшем со временем, так как со стороны ионов кристаллической решетки на электроны действует некоторая тормозящая сила. Эта сила подобна силе сопротивления, действующей на камень, когда он тонет в воде. В результате средняя скорость упорядоченного движения электронов пропорциональна напряженности электрического поля в проводнике $v \sim E$ и, следовательно, разности потенциалов на концах проводника, на концах проводника, так как

$$E = \frac{U}{l}, \text{ где } l \text{ — длина проводника}$$

Мы знаем, что сила тока в проводнике пропорциональна скорости упорядоченного движения частиц, так как $I = q_0 n v S$, где

I – сила тока в проводнике,

q_0 - заряд одной частицы,

n – концентрация частиц,

v – скорость частиц,

S – площадь поперечного сечения проводника.

Поэтому можем сказать, что сила тока пропорциональна разности потенциалов на концах проводника: $I \sim U$. В этом состоит качественное объяснение закона Ома на основе электронной теории проводимости металлов.

Построить удовлетворительную количественную теорию движения электронов в металле на основе законов классической механики невозможно. Дело в том, что условия движения электронов в металле таковы, что классическая механика Ньютона неприменима для описания этого движения. Наиболее наглядно это видно из следующего примера.

Если экспериментально определить среднюю кинетическую энергию теплового движения электронов в металле при комнатной температуре и найти соответствующую этой энергии температуру по формуле $\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2}kT$, то получим температуру порядка $10^5 \text{ — } 10^6 \text{ К}$. Такая температура существует внутри звезд. Движение электронов в металле подчиняется законам квантовой механики.

Вывод.

Экспериментально доказано, что носителями свободных зарядов в металлах являются электроны. Под действием электрического поля электроны движутся с постоянной средней скоростью из-за торможения со стороны кристаллической решетки. Скорость упорядоченного движения прямо пропорциональна напряженности поля в проводнике.

Вопросы.

1. Катушка (см. рис. 1) вращалась по часовой стрелке, а затем была резко заторможена. Определите направление электрического тока в катушке в момент торможения.

2. Как скорость упорядоченного движения электронов в металлическом проводнике зависит от напряжения на концах проводника?

2.ЗАВИСИМОСТЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Различные вещества имеют различные удельные сопротивления. Зависит ли сопротивление от состояния проводника; от его температуры? Ответ должен дать опыт.

Если пропустить ток от аккумулятора через стальную спираль, а затем начать нагревать ее в пламени горелки, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление проводника меняется.

Если при температуре, равной 0°C , сопротивление проводника равно R_0 , а при температуре t оно равно R , то относительное изменение сопротивления, как показывает опыт, прямо пропорционально изменению температуры t :

$$\frac{R - R_0}{R_0} = \alpha \cdot t. \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности α называют температурным коэффициентом сопротивления. Он характеризует зависимость сопротивления вещества от температуры. Температурный коэффициент сопротивления численно равен относительному изменению сопротивления проводника при нагревании на 1 К. Для всех металлических проводников $\alpha > 0$ и незначительно меняется с изменением температуры. Если интервал изменения температуры невелик, то температурный коэффициент можно считать постоянным и равным его среднему значению на этом интервале температур. У чистых металлов $\alpha \approx \frac{1}{273} \text{K}^{-1}$.

У растворов электролитов сопротивление с ростом температуры не увеличивается, а уменьшается. Для них $\alpha < 0$. Например для 10%-ного раствора поваренной соли $\alpha = -0,02 \text{K}^{-1}$.

При нагревании проводника его геометрические размеры меняются незначительно. Сопротивление проводника меняется в основном за счет изменения его удельного сопротивления. Можно найти зависимость этого удельного сопротивления от температуры, если в формулу (1) подставить значения

$$R = \rho \frac{l}{S} \text{ и } R = \rho_0 \frac{l}{S}.$$

Вычисления приводят к следующему результату:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t). \quad (2)$$

Так как α мало меняется при изменении температуры проводника, то можно считать, что удельное сопротивление проводника линейно зависит от температуры (рис. 2).

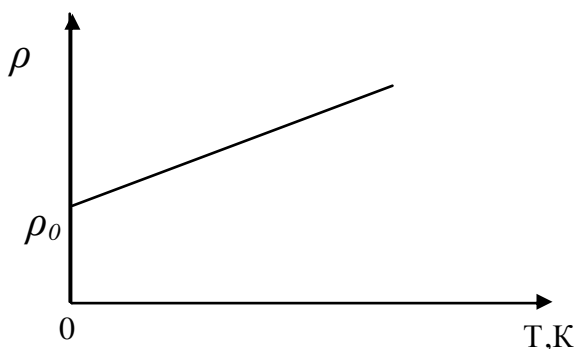


Рисунок 2

Хотя коэффициент α довольно мал, учет зависимости сопротивления от температуры при расчете нагревательных приборов совершенно необходим. Так, сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания увеличивается при прохождении по ней тока более чем в 10 раз.

У некоторых сплавов, например у сплава меди с никелем (константана), температурный коэффициент сопротивления очень мал: $\alpha \approx 10^{-5} \text{ K}^{-1}$; удельное сопротивление константана велико: $\rho = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Такие сплавы используют для изготовления эталонных сопротивлений и добавочных сопротивлений к измерительным приборам, т.е. в тех случаях, когда требуется, чтобы сопротивление заметно не менялось при колебаниях температуры.

Зависимость сопротивления металлов от температуры используют в термометрах сопротивления. Обычно в качестве основного рабочего элемента такого термометра берут платиновую проволоку, зависимость сопротивления которой от температуры хорошо известна. Об изменениях температуры судят по изменению сопротивления проволоки, которое можно измерить. Такие термометры позволяют измерять очень низкие и очень высокие температуры, когда обычные жидкостные термометры непригодны.

Удельное сопротивление металлов растет линейно с увеличением температуры. У растворов электролитов оно уменьшается при увеличении температуры.

Вопросы

1. Когда электрическая лампочка потребляет большую мощность: сразу после включения ее в сеть или спустя несколько минут?
2. Если бы сопротивление спирали электроплитки не менялось с температурой, то ее длина при номинальной мощности была бы большей или меньшей?

3. СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

Сопротивление проводников зависит от температуры. Сопротивление металлов уменьшается с уменьшением температуры. Что произойдет при стремлении температуры к абсолютному нулю?

В 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес открыл замечательное явление — **сверхпроводимость**. Он обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии ее сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при

температуре $4,1\text{ K}$ очень резко падает до нуля (рис. 3). Это явление было названо сверхпроводимостью. Позже было открыто много других сверхпроводников.

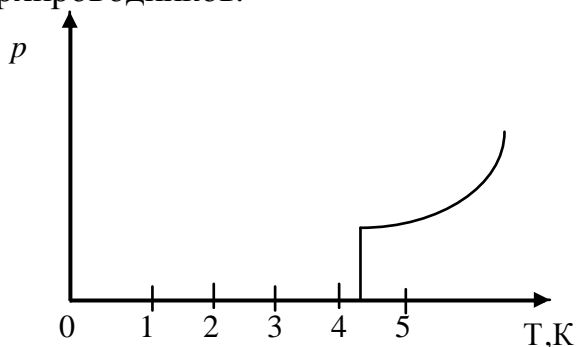


Рисунок 3

Сверхпроводимость наблюдается при очень низких температурах — около 25 K . В таблице «Температура перехода в сверхпроводящее состояние, K » приведены примеры перехода некоторых веществ в сверхпроводящее состояние

вещество	Температура перехода в сверхпроводящее состояние, K
Титан	0,4
Уран	0,8
Цинк	0,9
Алюминий	1,2
Олово	3,8
Ртуть	4,1
Свинец	7,2
Нитрат ниобия	15,2

Если в кольцевом проводнике, находящемся в сверхпроводящем состоянии, создать ток, а затем устранить источник электрического тока, то сила этого тока не меняется сколь угодно долго. В обычном же несверхпроводящем проводнике электрический ток в этом случае прекращается.

Сверхпроводники находят широкое применение. Так, сооружают мощные электромагниты со сверхпроводящей обмоткой, которые создают магнитное поле на протяжении длительных интервалов времени без затрат энергии. Ведь выделения теплоты в сверхпроводящей обмотке не происходит.

Однако получить сколь угодно сильное магнитное поле с помощью сверхпроводящего магнита нельзя. Очень сильное магнитное поле разрушает сверхпроводящее состояние. Такое поле может быть создано только в самом сверхпроводнике. Поэтому для каждого проводника в сверхпроводящем состоянии существует критическое значение силы тока, превзойти которое, не нарушая сверхпроводящего состояния, нельзя.

Сверхпроводящие магниты используются в ускорителях элементарных частиц, магнитогидродинамических генераторах, преобразующих механическую энергию струи раскаленного ионизованного газа, движущегося в магнитном поле, в электрическую энергию.

Если бы удалось создать сверхпроводящие материалы при температурах близких к комнатным, то была бы решена важнейшая техническая проблема — передача энергии по проводам без потерь. В настоящее время физики работают над ее решением.

Объяснение сверхпроводимости возможно только на основе квантовой теории. Оно было дано лишь в 1957 г. американскими учеными Д. Ж. Бардином, Л. Купером, Дж. Шриффером и русским академиком Н. Н. Боголюбовым.

В 1986 г. была открыта высокотемпературная сверхпроводимость. Получены сложные оксидные соединения лантана, бария и других элементов (керамики) с температурой перехода в сверхпроводящее состояние около 100 К. Это выше температуры кипения жидкого азота при атмосферном давлении.

Высокотемпературная сверхпроводимость в недалеком будущем приведет наверняка к новой технической революции во всей электротехнике, радиотехнике, конструировании ЭВМ. Сейчас прогресс в этой области тормозит необходимость охлаждения проводников до температур кипения дорогого газа — гелия.

Надо надеяться, что удастся создать сверхпроводники при комнатной температуре. Генераторы и электродвигатели станут исключительно компактными (уменьшатся в несколько раз) и экономичными. Электроэнергию можно будет передавать на любые расстояния без потерь и аккумулировать в простых устройствах.

Выводы

Многие металлы и сплавы при температурах ниже 25 К полностью теряют сопротивление — становятся сверхпроводниками.

Недавно была открыта высокотемпературная сверхпроводимость.

Вопросы.

1. Каковы главные технические трудности в использовании сверхпроводников на практике?
2. Как убедиться в том, что в кольцевом сверхпроводнике действительно устанавливается неизменный ток?

4. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Пример 1.

К концам стального проводника сопротивлением 3 Ом с площадью поперечного сечения 1 мм^2 приложено напряжение 4 В. Определите среднюю скорость упорядоченного движения электронов в проводнике, если их концентрация $4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

$$\begin{aligned}
 e &= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \\
 \rho &= 12 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \\
 R &= 3 \text{ Ом} \\
 S &= 1 \text{ мм}^2 = 10^{-6} \text{ м}^2 \\
 U &= 4 \text{ В} \\
 n &= 4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \\
 \hline
 v &= ?
 \end{aligned}$$

По закону Ома $I = U/R$, где
 $I = q/t$ тогда $q/t = U/R$;
отсюда $t = (Rq)/U$; $q = eN$, где
 N – число электронов q – заряд,
который прошел по стальному
проводнику длиной l . $n = N/V$ – концентрация
заряда; следовательно
 $q = e n V$; $t = (R e n V)/U$.

$$\begin{aligned}
 t &= (R e n S l)/U; \\
 R &= \rho l/S; \quad l = S R/\rho; \\
 t &= (R^2 e n S^2)/\rho U;
 \end{aligned}$$

$$v = l/t; \quad v = S R \rho U / (\rho R^2 e n S^2); \quad v = U / R e n S.$$

Устанавливаем единицы измерения скорости упорядоченного движения электронов в проводнике

$$[v] = \frac{\text{В} \cdot \text{м}^3}{\text{Ом} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{А}}{\text{Кл}} \cdot \text{м} = \text{м/с}$$

$$v = 4 / (3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{28} \cdot 10^{-6}) = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ (м/с)} = 0,2 \text{ мм/с}.$$

Для данных задачи полученный результат скорости упорядоченного движения электронов $v = 0,2 \text{ мм/с}$ является реальным.

Ответ: скорость упорядоченного движения электронов $v = 0,2 \text{ мм/с}$.

Пример 2.

Определите внутреннее сопротивление источника тока. если при замыкание его на внешнее сопротивление $R_1 = 1 \text{ Ом}$ напряжение на зажимах источника $U_1 = 2 \text{ В}$, а при замыкании на сопротивление $R_2 = 2 \text{ Ом}$ напряжение на зажимах источника $U_2 = 2,4 \text{ В}$. Сопротивление проводников не учитывать.

$$R_1 = 1 \text{ Ом}$$

$$U_1 = 2 \text{ В}$$

$$R_2 = 2 \text{ Ом}$$

$$U_2 = 2,4 \text{ В}$$

$$r = ?$$

Закон Ома для полной цепи для R_1 :

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r}.$$

Аналогично для R_2

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r}.$$

Решаем полученную систему двух уравнений:

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r), \quad \varepsilon = I_2(R_2 + r)$$

$$I_1(R_1 + r) = I_2(R_2 + r);$$

$$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r;$$

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 = I_2 r - I_1 r; \quad \text{где } I_1 R_1 = U_1; \quad I_2 R_2 = U_2; \quad \text{то}$$

$$I_1 = U_1/R_1; \quad I_2 R_2 = U_2; \quad I_1 = 2 \text{ В}/1 \text{ Ом} = 1 \text{ А}; \quad I_2 = 2,4 \text{ В}/2 \text{ Ом} = 1,2 \text{ А}.$$

$$U_1 - U_2 = I_2 r - I_1 r; \quad U_1 - U_2 = (I_2 - I_1) r;$$

$$r = (U_2 - U_1)/(I_1 - I_2).$$

Устанавливаем единицы измерения внутреннего сопротивления источника тока

$$[r] = (B - B)/(A - A) = \text{Ом}$$

$$r = (2.4 - 2)/(2 - 1.2) = 0.5 \text{ Ом}$$

Для данных задачи полученный результат внутреннего сопротивления источника тока $r = 0.5 \text{ Ом}$ является реальным.

Ответ: внутреннее сопротивление источника тока $r = 0.5 \text{ Ом}$

Пример 3

Сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания при температуре 20°C равно 20 Ом , а при 3000°C - 250 Ом . Определите температурный коэффициент сопротивления вольфрамовой нити.

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$t_2 = 3000^\circ\text{C}$$

$$R_2 = 250 \text{ Ом}$$

$$\alpha = ?$$

Согласно связи температурного сопротивления вольфрамовой нити лампы для температуры t_1

$$R_1 = R_0(1 + \alpha t_1),$$

аналогично для температуры t_2

$$R_2 = R_0(1 + \alpha t_2).$$

Тогда отношение сопротивлений вольфрамовой нити

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_0(1 + \alpha t_1)}{R_0(1 + \alpha t_2)}. \quad \text{Выразим температурный}$$

коэффициент сопротивления вольфрамовой нити:

$$R_2(1 + \alpha t_1) = R_1(1 + \alpha t_2),$$

$$R_2 + R_2 \alpha t_1 = R_1 + R_1 \alpha t_2$$

$$R_2 - R_1 = R_1 \alpha t_2 - R_2 \alpha t_1;$$

$$R_2 - R_1 = \alpha(R_1 t_2 - R_2 t_1);$$

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$

Устанавливаем единицы измерения температурный коэффициент сопротивления вольфрамовой нити:

$$\alpha = \frac{\text{Ом} - \text{Ом}}{\text{Ом} \cdot ^\circ\text{C} - \text{Ом} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{\text{Ом}}{\text{Ом} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}} = ^\circ\text{C}^{-1}.$$

$$\alpha = \frac{250 - 20}{20 \cdot 3000 - 250 \cdot 20} = 0.0042 \text{ K}^{-1}$$

Для данных задачи полученный результат температурного коэффициента сопротивления вольфрамовой нити $\alpha = 0.0042 \text{ K}^{-1}$ является реальным.

Ответ: температурный коэффициент сопротивления вольфрамовой нити $\alpha = 0.0042 \text{ K}^{-1}$.

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 75 - 77 (с.230 – 236)

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 76 - 78 (с.235 – 242)

3. И.М. Гельфгат «Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике» - Харьков: «Гимназия», 2003 – 80 с.

III. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

Знать: физический смысл: электрического тока в полупроводниках; строения полупроводников, электронной и дырочной проводимости, донорной и акцепторной примесей; устройство и принцип работы полупроводникового диода и транзистора; устройство и принцип работы термистора и фоторезистора.

Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения, сопротивления полупроводника, строить зависимости сопротивления полупроводника от температуры.

ПЛАН

1. Электрический ток в полупроводниках:

- определение полупроводников;
- строение полупроводников;
- электронная проводимость полупроводников;
- дырочная проводимость полупроводников.

2. Электрическая проводимость полупроводников при наличии примесей:

- особенность полупроводников;
- донорные примеси;
- акцепторные примеси;

3. Электрический ток через контакт полупроводников p - и n –типов:

- прямой и обратный переходы полупроводников p - и n –типов;
- вольт – амперная характеристика прямой и обратный переходы полупроводников p - и n –типов.

4. Полупроводниковый диод:

- устройство полупроводникового диода;
- принцип работы полупроводникового диода;
- применение полупроводникового диода в технике.

5. Транзисторы:

- устройство транзистора;
- принцип работы транзистора;
- применение транзистора в технике.

6. Термисторы. Фоторезисторы.

- устройство термистора и фоторезистора;
- принцип работы термистора и фоторезистора;
- применение термистора и фоторезистора в технике.

7. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в полупроводниках»

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ПОЛУПРОВОДНИКАХ

В чем главное отличие полупроводников от проводников? Какие особенности строения полупроводников открыли им доступ во все радиоустройства, телевизоры и ЦВМ?

Наиболее отчетливо полупроводники отличаются от проводников характером зависимости электропроводности от температуры. Измерения показывают, что у ряда элементов (кремний, германий, селен и др.) и соединений (*PbS*, *CdS* и др.) удельное сопротивление с увеличением температуры не растет, как у металлов (см. рис. 2), а, наоборот, чрезвычайно резко уменьшается (рис. 4). Такие вещества и называют полупроводниками.

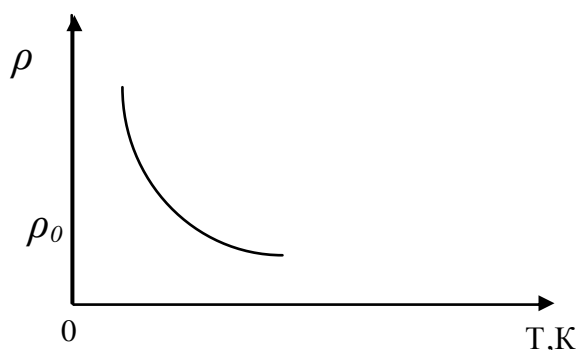
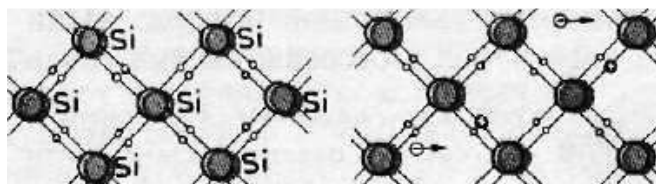


Рисунок 4

Из графика, изображенного на этом рисунке, видно, что при температурах, близких к абсолютному нулю, удельное сопротивление полупроводников очень велико. Это означает, что при низких температурах полупроводник ведет себя как диэлектрик. По мере повышения температуры удельное сопротивление быстро уменьшается.

Строение полупроводников. Для того чтобы включить транзисторный приемник, знать ничего не надо. Но чтобы его создать, надо было знать очень много и обладать незаурядным талантом. Понять же в общих чертах, как работает транзистор, не так уж и трудно. Сначала надо познакомиться с механизмом проводимости в полупроводниках. А для этого придется вникнуть в природу связей, удерживающих атомы полупроводникового кристалла друг возле друга. Для примера рассмотрим кристалл кремния.

Кремний — четырехвалентный элемент. Это означает, что во внешней оболочке атома имеются четыре электрона, сравнительно слабо связанные с ядром. Число ближайших соседей каждого атома кремния также равно четырем. Плоская схема структуры кристалла кремния изображена на рисунке 5.



Рисунке 5.

Рисунок 6

Взаимодействие пары соседних атомов осуществляется с помощью парноэлектронной связи, называемой ковалентной связью. В образовании этой связи от каждого атома участвует по одному валентному электрону, которые отщепляются от атомов (коллективизируются кристаллом) и при своем движении большую часть времени проводят в пространстве между соседними атомами. Их отрицательный заряд удерживает положительные ионы кремния друг возле друга.

Не надо думать, что коллективизированная пара электронов принадлежит лишь двум атомам. Каждый атом образует четыре связи с соседними, и любой валентный электрон может двигаться по одной из них. Дойдя до соседнего атома, он может перейти к следующему, а затем дальше вдоль всего кристалла. Валентные электроны принадлежат всему кристаллу.

Парноэлектронные связи кремния достаточно прочны и при низких температурах не разрываются. Поэтому кремний при низкой температуре не проводит электрический ток. Участвующие в связи атомов валентные электроны прочно привязаны к кристаллической решетке, и внешнее электрическое поле не оказывает заметного влияния на их движение. Аналогичное строение имеет кристалл германия (рисунок 6).

Электронная проводимость.

При нагревании кремния кинетическая энергия валентных электронов повышается, и наступает разрыв отдельных связей. Некоторые электроны покидают свои «проторенные пути» и становятся свободными, подобно электронам в металле. В электрическом поле они перемещаются между узлами решетки, образуя электрический ток.

Проводимость полупроводников, обусловленную наличием у них свободных электронов, называют электронной проводимостью. При повышении температуры число разорванных связей, а значит, и свободных электронов увеличивается. При нагревании от 300 до 700 К число свободных носителей заряда увеличивается от 10^{17} до 10^{24} м⁻³. Это приводит к уменьшению сопротивления.

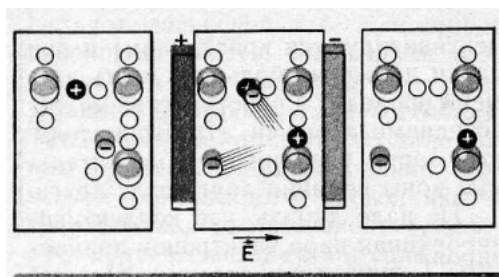


Рисунок 7

Механизм электронной и дырочной проводимости: в отсутствие внешнего поля имеется один свободный электрон (—) и одна дырка (+) (а). При наложении поля происходит перемещение электронов. Свободный электрон смещается против напряженности поля. В этом

направлении перемещается также один из связанных электронов (б). Это выглядит как перемещение дырки в направлении поля (в).

Дырочная проводимость. При разрыве связи образуется вакантное место с недостающим электроном. Его называют дыркой. В дырке имеется избыточный положительный заряд по сравнению с остальными, нормальными связями (рис. 6).

Положение дырки в кристалле не является неизменным. Непрерывно происходит следующий процесс. Один из электронов, обеспечивающих связь атомов, перескакивает на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь парноэлектронную связь, а там, откуда перескочил этот электрон, образуется новая дырка. Таким образом, дырка может перемещаться по всему кристаллу.

Если напряженность электрического поля в образце равна нулю, то перемещение дырок, равноценное перемещению положительных зарядов, происходит беспорядочно, и поэтому не создается электрический ток. При наличии электрического поля возникает упорядоченное перемещение дырок, и, таким образом, к электрическому току свободных электронов добавляется электрический ток, связанный с перемещением дырок. Направление движения дырок противоположно направлению движения электронов. Механизм электронной и дырочной проводимости поясняется на рисунке 7.

Итак, в полупроводниках имеются носители заряда двух типов: электроны и дырки. Поэтому полупроводники обладают не только электронной, но и дырочной проводимостью.

Мы рассмотрели механизм проводимости идеальных полупроводников. Проводимость при этих условиях называют собственной проводимостью полупроводников.

Выводы.

Проводимость чистых полупроводников (собственная проводимость) осуществляется перемещением свободных электронов (электронная проводимость) и перемещением связанных электронов на вакантные места парноэлектронных связей (дырочная проводимость).

Вопросы.

1. Какую связь называют ковалентной?
2. В чем состоит различие зависимости сопротивления полупроводников и металлов от температуры?
3. Какие подвижные носители зарядов имеются в чистом полупроводнике?
4. Что произойдет при встрече электрона с дыркой?

2. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПРИ НАЛИЧИИ ПРИМЕСЕЙ

Проводимость полупроводников чрезвычайно сильно зависит от примесей. Именно эта зависимость сделала полупроводники тем, чем они стали в современной технике.

Собственная проводимость полупроводников обычно невелика, так как мало число свободных электронов; например, в германии при комнатной температуре $n_e = 3 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$. В то же время число атомов германия в 1 см^3 порядка 10^{23} . Таким образом, число свободных электронов составляет примерно одну десятиллиардную часть от общего числа атомов.

Существенная особенность полупроводников состоит в том, что в них при наличии примесей наряду с собственной проводимостью возникает дополнительная — примесная проводимость. Изменяя концентрацию примеси, можно значительно изменять число носителей заряда того или иного знака. Благодаря этому можно создавать полупроводники с преимущественной концентрацией либо отрицательно, либо положительно заряженных носителей. Эта особенность полупроводников открывает широкие возможности для их практического применения.

Донорные примеси. Оказывается, что при наличии примесей, например атомов мышьяка, даже при очень малой их концентрации, число свободных электронов возрастает во много раз. Происходит это по следующей причине. Атомы мышьяка имеют пять валентных электронов. Четыре из них участвуют в создании ковалентной связи данного атома с окружающими, например с атомами кремния. Пятый валентный электрон оказывается слабо связан с атомом. Он легко покидает атом мышьяка и становится свободным (рис. 8).

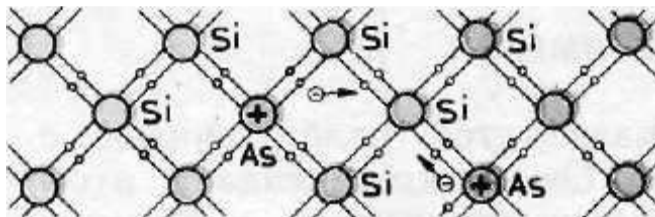


Рисунок 8.

При добавлении одной десятиллионной доли атомов мышьяка концентрация свободных электронов становится равной 10^{16} см^{-3} . Это в тысячу раз больше концентрации свободных электронов в чистом полупроводнике.

Примеси, легко отдающие электроны и, следовательно, увеличивающие число свободных электронов, называют донорными (отдающими) примесями.

Поскольку полупроводники, имеющие донорные примеси, обладают большим числом электронов (по сравнению с числом дырок), их называют полупроводниками *n*-типа (от слова *negativ* — отрицательный).

В полупроводнике «*p*-типа электроны являются **основными** носителями заряда, а дырки — **неосновными**.

Акцепторные примеси. Если в качестве примеси использовать индий, атомы которого трехвалентны, то характер проводимости полупроводника меняется. Теперь для образования нормальных парноэлектронных связей с

соседями атому индия не хватает электрона. В результате образуется дырка. Число дырок в кристалле равно числу атомов примеси (рис. 9). Такого рода примеси называют акцепторными (принимающими).

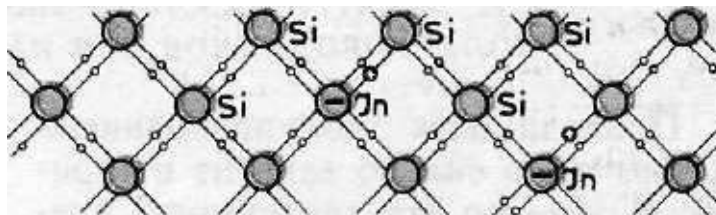


Рисунок 9

При наличии электронного поля дырки перемещаются по полю и возникает дырочная проводимость. Полупроводники с преобладанием дырочной проводимости над электронной называют полупроводниками *p* – типа (от слова *positiv* — положительный). Основными носителями заряда в полупроводнике *p* - типа являются дырки, а неосновными — электроны.

Выводы.

Донорные примеси отдают лишние валентные электроны: образуется -полупроводник *n*-типа. Акцепторные примеси создают дырки: образуется –полупроводники *p* - типа.

Вопросы.

1. Почему сопротивление полупроводников очень сильно зависит от наличия примесей?
2. .Какие носители заряда являются основными в полупроводнике с акцепторной примесью?
3. Какую примесь надо ввести, чтобы получить полупроводник *n* –типа?

3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК ЧЕРЕЗ КОНТАКТ ПОЛУПРОВОДНИКОВ *p*- И *n*- ТИПОВ

Наиболее любопытные явления происходят при контакте полупроводников *n* и *p*-типов. Эти явления используются .в большинстве полупроводниковых приборов.

На рисунке 10 изображена схема полупроводника, правая часть которого содержит донорные примеси и поэтому является полупроводником *n* -типа, а левая — акцепторные примеси и представляет собой полупроводник *p* -типа. Электроны изображены светлыми кружками, дырки — темными. Контакт двух полупроводников называют *p — n* переходом.

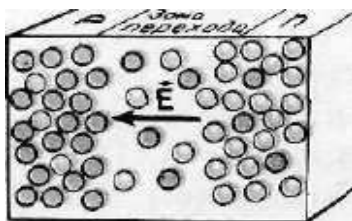


Рисунок 10

При образовании контакта электроны частично переходят из полупроводника n -типа в полупроводник p -типа, а дырки — в обратном направлении. В результате полупроводник n -типа заряжается положительно, а p -типа — отрицательно. Диффузия прекращается после того, как электрическое поле, возникающее в зоне перехода, начинает препятствовать дальнейшему перемещению электронов и дырок.

Включим полупроводник с p — n -переходом в электрическую цепь (рис. 11). Подключим сначала батарею так, чтобы потенциал полупроводника p -типа был положительным, а n -типа — отрицательным.

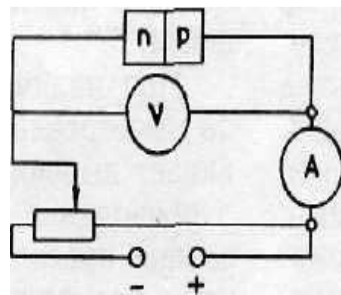


Рисунок 11

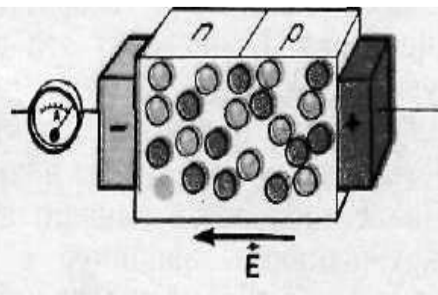


Рисунок 12

При этом ток через p — n -переход осуществляется основными носителями: из области n в область p — электронами, а из области p в область n — дырками (рис. 12). Вследствие этого проводимость всего образца велика, а сопротивление мало.

Рассмотренный здесь переход называют прямым. Зависимость силы тока от разности потенциалов — вольт-амперная характеристика прямого перехода — изображена на рисунке 13 сплошной линией.

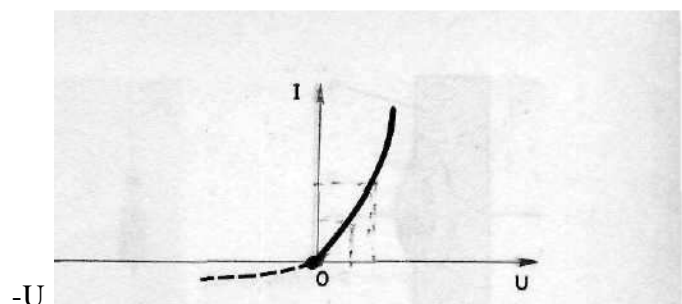


Рисунок 13.

Переключим полюсы батареи. Тогда при той же разности потенциалов сила тока в цепи окажется значительно меньше, чем при прямом переходе. Это обусловлено следующим. Электроны через контакт идут теперь из области p в область n , а дырки — из области n в область p . Но ведь в полупроводнике p -типа мало свободных электронов, а в полупроводнике n -типа мало дырок. Теперь переход через контакт осуществляется неосновными носителями, число которых мало (рис. 14). Вследствие этого проводимость образца оказывается незначительной, а сопротивление —

большим. Образуется так называемый запирающий слой. Этот переход называют обратным. Вольт-амперная характеристика обратного перехода изображена на рисунке 13 пунктирной линией.

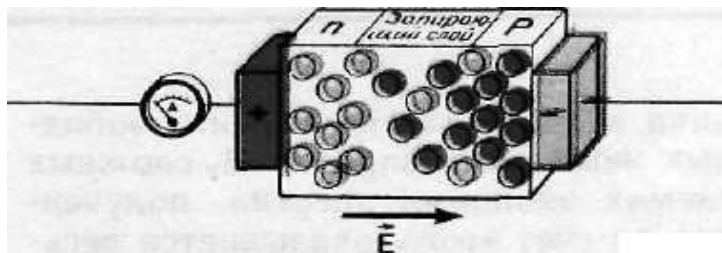


Рисунок 14

Выводы.

$p - n$ -Переход по отношению к току оказывается несимметричным: в прямом направлении сопротивление перехода значительно меньше, чем в обратном.

Вопросы.

1. Что происходит в контакте двух проводников n - и p -типа?
2. Что такое запирающий слой?
3. Какой переход называют прямым?

4. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД

Основным элементом современных выпрямителей переменного тока являются полупроводниковые диоды. Как они устроены?

В настоящее время для выпрямления электрического тока в радиосхемах наряду с двухэлектродными лампами все больше применяют полупроводниковые диоды, так как они обладают рядом преимуществ. В электронной лампе носители заряда — электроны возникают за счет нагревания катода. Это требует специального источника электрической энергии. В $p - n$ -переходе носители заряда образуются при введении в кристалл акцепторной или донорной примеси. Таким образом, здесь отпадает необходимость использования источника энергии для получения свободных носителей заряда. В сложных схемах экономия энергии, полученная за счет этого, оказывается весьма значительной. Кроме того, полупроводниковые выпрямители при тех же значениях выпрямленного тока более миниатюрны, чем электронные лампы.

Вследствие этого радиоустройства, собранные на полупроводниках, намного компактнее, чем на электронных лампах.

Отмеченные преимущества полупроводниковых элементов особенно существенны при использовании их в искусственных спутниках Земли, космических кораблях, электронно-вычислительных машинах.

Полупроводниковые диоды изготавливают из германия, кремния, селена и других веществ.

Рассмотрим, как создается $p-n$ -переход при использовании в диоде германия, обладающего проводимостью n - типа, за счет небольшой добавки донорной примеси. Этот переход не удастся получить путем механического соединения двух полупроводников с различными типами проводимости, так как при этом получается слишком большой зазор между полупроводниками. Толщина же $p-n$ перехода должна быть не больше межатомных расстояний, поэтому в одну из поверхностей образца вплавляют индий. Вследствие диффузии атомов индия в глубь монокристалла германия у поверхности германия образуется область с проводимостью p - типа. Остальная часть образца германия, в которую атомы индия не проникли, по-прежнему имеет проводимость n - типа. Между двумя областями с проводимостями разных типов и возникает $p-n$ -переход (рис. 15). В полупроводниковом диоде германий служит катодом, а индий — анодом.

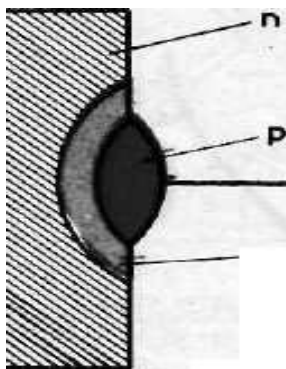


Рисунок 15

Для предотвращения вредных воздействий воздуха и света кристалл германия помещают в герметический металлический корпус (рис. 16, а). Схематическое изображение диода приведено на рисунке 16, б. Полупроводниковые выпрямители обладают высокой надежностью и имеют большой срок службы. Однако они могут работать лишь в ограниченном интервале температур (от -70 до 125°C).

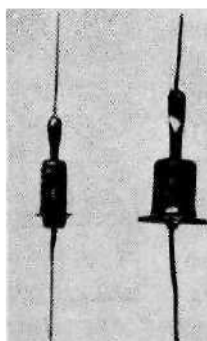


Рисунок 16, а

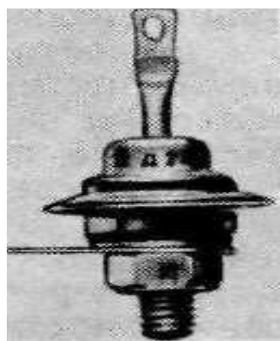


Рисунок 16, б

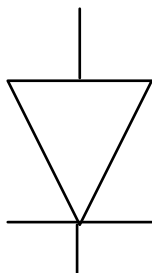


Рисунок 16, в

Выводы.

Свойства $p - n$ -перехода используют для выпрямления переменного тока. На протяжении половины периода, когда потенциал полупроводника p -типа положителен, ток свободно проходит через $p - n$ -переход. В следующую половину периода ток практически равен нулю

5 ТРАНЗИСТОРЫ

Транзистор — хитроумный прибор. Понять принципы работы транзистора нелегко, но ведь его сумели изобрести? Надеемся, что вы сможете понять, как он работает, даже по его краткому описанию.

(От английских слов transfer — переносить, resistor — сопротивление)

Рассмотрим один из видов транзисторов из германия или кремния с введенными в них донорными и акцепторными примесями. Распределение примесей таково, что создается очень тонкая (порядка нескольких микрометров) прослойка полупроводника n - типа между двумя слоями полупроводника p - типа (рис. 17). Эту тонкую прослойку называют основанием или базой.

В кристалле образуются два $p - n$ -перехода, прямые направления которых противоположны. Три вывода от областей с различными типами проводимости позволяют включать транзистор в схему, изображенную на рисунке 17. При данном включении левый $p - n$ переход является прямым и отделяет базу от области с проводимостью p -типа, называемую эмиттером. Если бы не было правого $p - n$ -перехода, в цепи эмиттер — база существовал бы ток, зависящий от напряжения источников (батареи $B1$ и источника переменного напряжения) и сопротивления цепи, включая малое сопротивление прямого перехода эмиттер — база.

Батарея $B2$ включена так, что правый $p - n$ переход в схеме (см. рис. 17) является обратным. Он отделяет базу от правой области с проводимостью p - типа, называемой коллектором. Если бы не было левого $p - n$ перехода, сила тока в цепи коллектора была бы близка к нулю, так как сопротивление обратного перехода очень велико. При существовании же тока в левом $p - n$ переходе появляется ток и в цепи коллектора,

причем сила тока в коллекторе лишь немного меньше силы тока в эмиттере (Если на эмиттер подано отрицательное напряжение, то левый $p - n$ - переход будет обратным и ток в цепи эмиттера и в цепи коллектора будет практически отсутствовать.)

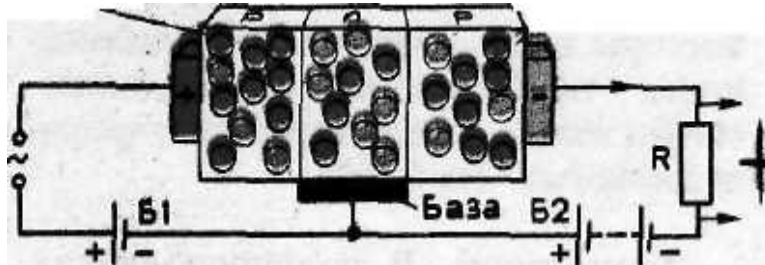
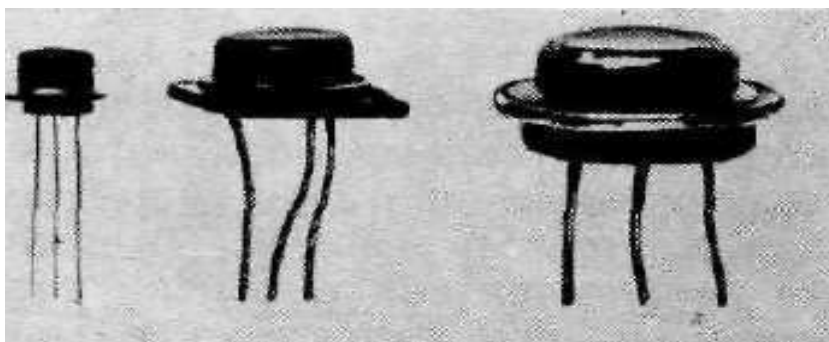


Рисунок 17

Дело здесь в следующем. При создании напряжения между эмиттером и базой основные носители полупроводника p - типа — дырки проникают в базу, где они являются уже неосновными носителями. Поскольку толщина базы очень мала и число основных носителей (электронов) в ней невелико, попавшие в нее дырки почти не объединяются (не рекомбинируют) с электронами базы и проникают в коллектор за счет диффузии. Правый $p - n$ переход закрыт для основных носителей заряда базы — электронов, но не для дырок. В коллекторе дырки увлекаются электрическим полем и замыкают цепь. Сила тока, ответвляющегося в цепь эмиттера из базы, очень мала, так как площадь сечения базы в горизонтальной (см. рис. 17) плоскости много меньше сечения в вертикальной плоскости.

Сила тока в коллекторе, практически равная силе тока в эмиттере, изменяется вместе с током в эмиттере. Сопротивление резистора R мало влияет на ток в коллекторе, и это сопротивление можно сделать достаточно большим. Управляя током эмиттера с помощью источника переменного напряжения, включенного в его цепь, мы получим синхронное изменение напряжения на резисторе R .

При большом сопротивлении резистора изменение напряжения на нем может в десятки тысяч раз превышать изменение напряжения сигнала в цепи эмиттера. Это означает усиление напряжения. Поэтому на нагрузке R можно получить электрические сигналы, мощность которых во много раз превосходит мощность, поступающую в цепь эмиттера. Транзисторы (рис. 18) получили чрезвычайно широкое распространение в современной технике. Они заменяют электронные лампы во многих электрических цепях научной, промышленной и бытовой аппаратуры. Портативные радиоприемники, использующие такие приборы, в обиходе называются транзисторами.



Преимуществом транзисторов (так же как и поперупроводниковых диодов) по сравнению с электронными лампами является прежде всего отсутствие накаливаемого катода, потребляющего значительную мощность и требующего времени для его разогрева. Кроме того, эти приборы в десятки и сотни раз меньше по размерам и массе, чем электронные лампы. Работают они при более низких напряжениях.

Недостатки транзисторов те же, что и поперупроводниковых диодов. Они очень чувствительны к повышению температуры, электрическим перегрузкам и сильно проникающим излучениям.

Вывод.

Свойства $p-n$ -перехода в поперупроводниках используются для усиления и генерации электрических колебаний.

Вопросы.

1. Почему база транзистора должна быть узкой?
2. Как надо включать в цепь транзистор, у которого база является поперупроводником p -типа, а эмиттер и коллектор — поперупроводником n -типа?
3. Почему ток в коллекторе приблизительно равен току в эмиттере?

6 ПРИМЕНЕНИЕ ТРАНЗИСТОРОВ

Полупроводниковые диоды и транзисторы не исчерпывают все возможности поперупроводников. Познакомимся еще с двумя типами поперупроводниковых приборов.

Термисторы. В поперупроводниках электрическое сопротивление очень сильно зависит от температуры. Это свойство используют для измерения температуры по силе тока в цепи с поперупроводником. Такие приборы называют *термисторами* или *терморезисторами*.

Термисторы — одни из самых простых поперупроводниковых приборов.

Выпускаются термисторы в виде стержней, трубок, дисков, шайб и бусинок размером от нескольких микрометров до нескольких сантиметров (рис. 19).

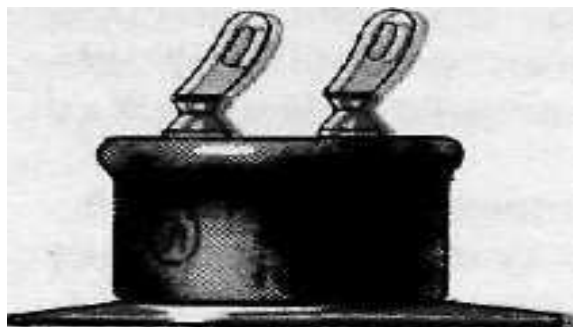


Рисунок 19

Диапазон измеряемых температур большинства термисторов лежит в интервале от 170 до 570 К. Но существуют термисторы для измерения как очень высоких (до 1300 К), так и очень низких (до 4—80 К) температур. Термисторы применяются для дистанционного измерения температуры, противопожарной сигнализации и т.д.

Фоторезисторы. Электрическая проводимость полупроводников повышается не только при нагревании, но и при освещении.

В этом можно убедиться с помощью установки, схема которой изображена на рисунке 20. Можно заметить, что при освещении полупроводника (рис. 20) сила тока в цепи заметно возрастает. Это указывает на увеличение проводимости (уменьшение сопротивления) полупроводников под действием света. Данный эффект не связан с нагреванием, так как может наблюдаться и при неизменной температуре.

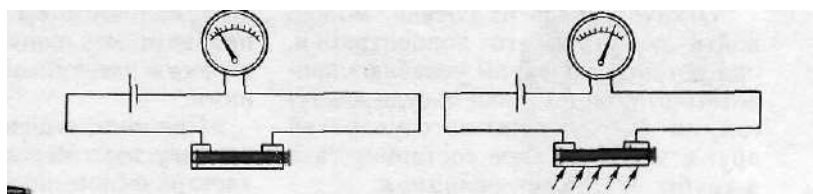


Рисунок 20

Электрическая проводимость возрастает вследствие разрыва связей и образования свободных электронов и дырок за счет энергии света, падающего на полупроводник. Это явление называют фотоэлектрическим эффектом.

Приборы, в которых используют фотоэлектрический эффект в полупроводниках, называют *фоторезисторами* или *фотосопротивлениями*. Миниатюрность и высокая чувствительность фоторезисторов позволяют использовать их в самых различных областях науки и техники для регистрации и измерения слабых световых потоков. С помощью фоторезисторов определяют качество поверхностей, контролируют размеры изделий и т. д.

Выводы.

Терморезисторы измеряют температуру. Фоторезисторы регистрируют и измеряют слабые световые потоки.

Вопросы.

2. Почему проводимость полупроводников увеличивается при освещении его поверхности?
1. Какие преимущества имеют терморезисторы по сравнению с обычными термометрами?

7 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Каковы основные различия между полупроводниками с электронной проводимостью и металлами?

Ответ. Основное отличие между полупроводниками с электронной проводимостью и металлами состоит в том, что

- в полупроводниках значительно меньше свободных электронов, чем в металлах;
- в полупроводниках концентрация свободных электронов зависит от внешних факторов (температуры и освещенности), в металлах - концентрация свободных электронов практически не зависит от внешних факторов;
- энергия связи валентного электрона с атомом в полупроводниках больше, чем в металлах, а поэтому в полупроводниках концентрация свободных электронов уменьшается с понижением температуры, в металлах – нет; даже при низких температурах в металлах имеется огромное число свободных электронов.

Задача 2. К концам цепи, состоящей из последовательного включения термистора и резистора сопротивлением 1 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была 5 мА. Когда термистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 10 мА. Во сколько раз изменилось в результате нагрева сопротивление термистора.

	СИ	
$R = 1 \text{ кОм}$	$R = 1000 \text{ Ом}$	Так как последовательно включены термистор и резистор, то их общее сопротивление $R_{01} = R + R_1$ – до нагревания термистора, а после нагревания $R_{02} = R + R_2$. согласно закону Ома для участка цепи
$U = 20 \text{ В}$	$U = 20 \text{ В}$	
$I_1 = 5 \text{ мА}$	$I_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$	
$I_2 = 10 \text{ мА}$	$I_2 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ А}$	
$\frac{R_2}{R_1} = ?$		

$$I_1 = U / R_{01} \text{ и } I_2 = U / R_{02}, \text{ или}$$

$$I_1 = U / (R + R_1) \text{ и } I_2 = U / (R + R_2).$$

Выразим из последних равенств R и R_2 .

$$(R + R_1) = U/I_1, \quad (R + R_2) = U/I_2.$$

$$\text{Тогда } R_1 = U/I_1 - R, \quad R_2 = U/I_2 - R.$$

$$\text{Отношение сопротивлений резисторов } \frac{R_2}{R_1} = \frac{U/I_1 - R}{U/I_2 - R}.$$

Устанавливаем единицы измерения

$$\left[\frac{R_2}{R_1} \right] = \frac{B/A - Ом}{B/IA - Ом} = \frac{Ом - Ом}{Ом - Ом} = \frac{Ом}{Ом} = -.$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{20/5 \cdot 10^{-3} - 10^3}{20/10 \cdot 10^{-3} - 10^3} = 3$$

Для данных задачи полученный результат отношения сопротивлений термистора $\frac{R_2}{R_1} = 3$ является реальным.

Ответ: в результате нагрева сопротивление термистора увеличилось в 3 раза ($\frac{R_2}{R_1} = 3$).

Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление фоторезистора?

СИ		
$R_1 = 25 \text{ кОм}$	$R_1 = 25000 \text{ Ом}$	<p>Так как последовательно включены фоторезистор и резистор, то их общее сопротивление</p> <p>$R_{01} = R + R_1$ — до освещения термистора, а после освещения $R_{02} = R + R_2$.</p> <p>согласно закону Ома для участка цепи $I_1 = U/R_{01}$ и $I_2 = U/R_{02}$, или</p>
$R = 5 \text{ кОм}$	$R = 5000 \text{ Ом}$	
$U_1 = U_2 = U$	$U_1 = U_2 = U$	
$I_2 = 4 I_1$	$I_1 = 4 I_2$	
$R_2 = ?$		

$$I_1 = U/(R + R_1) \text{ и } I_2 = U/(R + R_2).$$

$$\text{Тогда отношение силы тока до и после освещения будет } \frac{I_2}{I_1} = \frac{U/(R_2 - R)}{U/(R_1 - R)}.$$

$$\frac{4I_1}{I_1} = \frac{1/(R_2 - R)}{1/(R_1 - R)} = \frac{R_1 - R}{R_2 - R}, \text{ тогда } 4 = \frac{R_1 - R}{R_2 - R}; \quad 4(R_2 - R) = R_1 - R;$$

$$4R_2 - 4R = R_1 - R; \quad 4R_2 = R_1 + 3R; \quad R_2 = (R_1 + 3R)/4;$$

Устанавливаем единицы измерения

$$[R_2] = Ом + Ом = Ом; .$$

$$R_2 = (25000 + 3 \cdot 5000)/4 = 10000(Ом) = 10(кОм);$$

Для данных задачи полученный результат сопротивления фоторезистора после освещения $R_2 = 10 Ом$; является реальным.

Ответ: в результате освещения сопротивления фоторезистора $R_2 = 10 Ом$;

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 78 - 84 (с.237 – 252)

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 79 - 86 (с.243 – 263)

IV. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ

Знать: физический смысл электрического тока в вакууме, термоэлектронной эмиссии, тока насыщения, устройство и принцип работы вакуумного диода. Электронно-лучевой трубки; вольтамперную характеристику диода.

Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в вакууме

ПЛАН

1. Электрический ток в вакууме:

- физический смысл вакуума;
- условия существования электрического тока в вакууме;
- термоэлектронная эмиссия;
- односторонняя проводимость

2. Вакуумный диод:

- устройство вакуумного диода;
- принцип работы вакуумного диода;
- вольт – амперная характеристика диода;
- применение вакуумного диода в технике.

3. Электронные пучки:

- определение электронных пучков;
- свойства электронных пучков;
- использование электронных пучков.

4. Электронно-лучевая трубка:

- устройство электронно-лучевой трубки;
- принцип работы электронно-лучевой трубки;
- применение электронно-лучевой трубки: в технике.

5. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в вакууме»

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ВАКУУМЕ. ДИОД.

До открытия уникальных свойств полупроводников в радиотехнике использовались исключительно электронные лампы. В этих лампах, также в электронно-лучевых трубках, широко используемых и сейчас, электроны движутся в вакууме. Как же получают потоки электронов в вакууме? Какими свойствами они обладают?

Откачивая газ из сосуда, можно дойти до такой его концентрации, при которой молекулы успевают пролететь от одной стенки сосуда к другой, ни

разу не испытываю соударений друг с другом. Такое состояние газа в трубке называют *вакуумом*.

Проводимость межэлектродного промежутка в вакууме можно обеспечить только с помощью введения в трубку источника заряженных частиц.

Термоэлектронная эмиссия. Чаще всего действие такого источника заряженных частиц основано на свойстве тел, нагретых до высокой температуры, испускать электроны. Этот процесс называется термоэлектронной эмиссией. Его можно рассматривать как испарение электронов с поверхности металла. У многих твердых веществ термоэлектронная эмиссия начинается при температурах, при которых испарение самого вещества еще не происходит. Такие вещества и используются для изготовления катодов.

Односторонняя проводимость. Явление термоэлектронной эмиссии приводит к тому, что нагретый металлический электрод в отличие от холодного непрерывно испускает электроны. Электроны образуют вокруг электрода электронное облако. Электрод при этом заряжается положительно, и под влиянием электрического поля заряженного облака электроны из облака частично возвращаются на электрод.

В равновесном состоянии число электронов, покинувших электрод в секунду, равно числу электронов, возвратившихся на электрод за это время. Чем выше температура металла, тем выше плотность электронного облака.

Различие между горячим и холодным электродами, впаянными в сосуд, из которого откачан воздух, приводит к односторонней проводимости электрического тока между ними.

При подключении электродов к источнику тока между ними возникает электрическое поле. Если положительный полюс источника тока соединен с холодным электродом (анодом), а отрицательный — с нагретым (катодом), то напряженность электрического поля направлена к нагретому электроду. Под действием этого поля электроны частично покидают электронное облако и движутся к холодному электроду. Электрическая цепь замыкается, и в ней устанавливается электрический ток. При противоположном включении источника напряженность поля направлена от нагретого электрода к холодному. Электрическое поле отталкивает электроны облака назад к холодному электроду. Цепь оказывается разомкнутой.

Диод. Односторонняя проводимость используется в электронных приборах с двумя электродами — *вакуумных диодах*.

Устройство современного вакуумного диода (электронной лампы) таково. Внутри баллона из стекла или металлокерамики, из которого откачан воздух до давления 10^{-6} — 10^{-7} мм рт. ст., размещены два электрода (рис. 21, а).

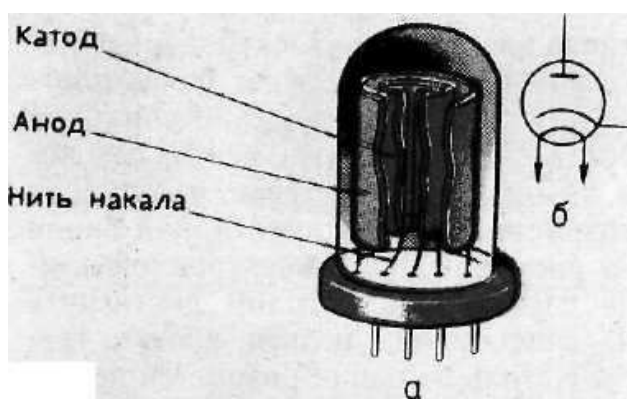


Рисунок 21, а

Один из них — катод — имеет вид вертикального металлического цилиндра, покрываемого обычно слоем оксидов щелочноземельных металлов, например бария, стронция, кальция. Такой катод называют оксидным.

При нагревании поверхность оксидного катода выделяет гораздо больше электронов, чем поверхность катода из чистого металла. Внутри катода расположен изолированный проводник, нагреваемый переменным током.

Нагретый катод испускает электроны, достигающие анода, если анод имеет более высокий потенциал, чем катод.

Анод лампы представляет собой круглый или овальный цилиндр, имеющий общую ось с катодом. Схематическое изображение диода показано на рисунке 21, б.

Вольт-амперная характеристика диода. Свойства любого электронного устройства отражает его вольт-амперная характеристика, т. е. зависимость силы тока от разности потенциалов на клеммах этого устройства. Получить вольт-амперную характеристику диода можно с помощью цепи, схема которой изображена на рисунке 22.

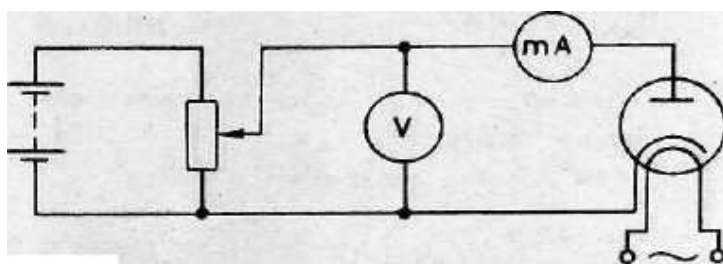


Рисунок 22

В отличие от характеристики металлического проводника эта характеристика нелинейная (рис. 23). Основная причина нелинейности характеристики вакуумного диода в том, что свободные электроны, образующие ток в пространстве диода, испускаются одним из электродов в ограниченном количестве. Кроме того, на движение электронов наряду с полем, созданным зарядами на электродах, существенное влияние оказывает поле пространственного заряда электронного облака у катода.

Чем выше напряжение между анодом и катодом, тем меньше пространственный заряд электронного облака и тем легче и тем большее количество электронов достигает анода, следовательно, тем больше и сила

тока в лампе. Если катод не покрыт оксидным слоем, то при достаточно большом напряжении все электроны, покинувшие катод, попадают на анод и при дальнейшем увеличении напряжения сила тока не меняется, как говорят: ток достигает насыщения (пунктирная линия на рисунке 23). Если повысить температуру катода (это можно сделать, изменив сопротивление реостата в цепи накала), то катод будет покидать больше число электронов.

Электронное облако вокруг катода станет более плотным. Ток насыщения наступит при большем напряжении между анодом и катодом, и сила тока насыщения возрастет (вторая пунктирная линия на рисунке 23). В электронной лампе с оксидным катодом достигнуть насыщения тока нельзя, ибо это требует столь больших разностей потенциалов, при которых катод разрушается.

Вакуумные диоды применяются для выпрямления переменного электрического тока наряду с полупроводниковыми диодами.

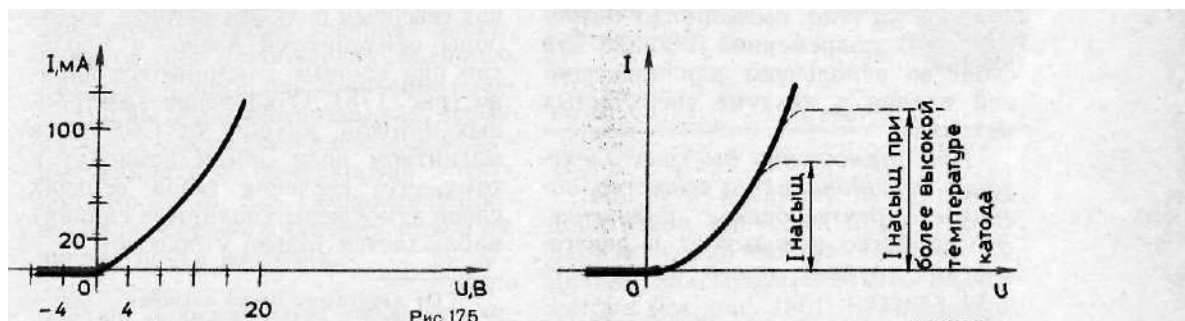


Рисунок 23

Выводы.

Для создания тока в вакууме необходим специальный источник заряженных частиц. Действие такого источника обычно основано на термоэлектронной эмиссии. Двухэлектродный вакуумный прибор — диод обладает односторонней проводимостью. Это его свойство используется для выпрямления переменного тока.

Вопросы.

1. Для какой цели в электронных лампах создают вакуум?
2. Как устроен вакуумный диод
3. Начертите вольт-амперную характеристику диода и объясните ее особенности

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПУЧКИ. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТРУБКА

Если в аноде электронной лампы сделать отверстие, то часть электронов, ускоренных электрическим полем, пролетит в отверстие, образуя за анодом электронный пучок. Количеством электронов в пучке можно управлять, поместив между катодом и анодом дополнительный электрод и изменяя его потенциал. При взаимодействии с веществом быстрые частицы электронного пучка вызывают разнообразные явления, используемые на практике.

Свойства электронных пучков и их применение. *Электронный пучок, попадая на тела, вызывает их нагревание.* В современной технике это свойство используют для электронной плавки в вакууме сверхчистых металлов.

При торможении быстрых электронов, попадающих на вещество, возникает рентгеновское излучение. Это свойство используют в рентгеновских трубках, о чем вы узнаете в XI классе.

Некоторые вещества (стекло, сульфиды цинка и кадмия), *бомбардируемые электронами, светятся.* В настоящее время среди материалов этого типа люминофоров. (От латинского слова «люмен» — свет и греческого «форос» — несущий)

Применяются такие, у которых в световую энергию превращается до 25% энергии электронного пучка.

Электронные пучки отклоняются электрическим полем. Например, проходя между пластинами конденсатора, электроны отклоняются от отрицательно заряженной пластины к положительно заряженной (рис. 24).

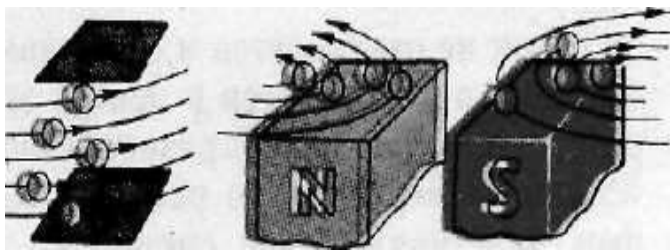


Рисунок 25

Рисунок 24

Электронный пучок отклоняется также в магнитном поле. Пролетая над северным полюсом магнита, электроны отклоняются влево, а пролетая над южным, отклоняются вправо (рис. 25).

Отклонение электронных потоков, идущих от Солнца, в магнитном поле Земли приводит к тому, что свечение газов верхних слоев атмосферы (полярные сияния) наблюдается только у полюсов.

Возможность управления электронным пучком с помощью электрического или магнитного полей и свечение покрытого люминофором экрана под действием пучка применяют в электронно-лучевой трубке.

Электронно-лучевая трубка. Электронно-лучевая трубка — основной элемент телевизора и осциллографа (от латинского слова «осцилло» — качаюсь и греческого «графо» — пишу) — прибора для исследования быстропеременных процессов в электрических цепях (рис. 26).

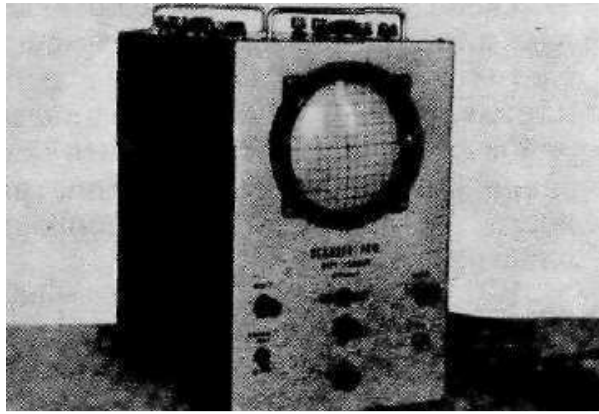


Рисунок 26

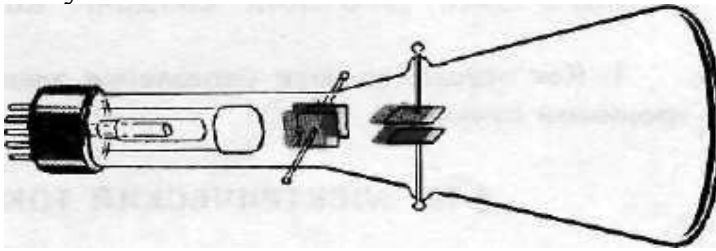


Рисунок 27

Устройство электронно-лучевой трубки показано на рисунке 28. Трубка представляет собой вакуумный баллон, одна из стенок которого служит экраном. В узком конце трубки помещен источник быстрых электронов — электронная пушка (рис. 29). Она состоит из катода, управляющего электрода и анода (чаще несколько анодов располагаются друг за другом). Электроны выпускаются нагретым оксидным слоем с торца цилиндрического катода C , окруженного теплозащитным экраном H . Далее они проходят через отверстие в цилиндрическом управляющем электроде B (он регулирует число электронов в пучке). Каждый анод A_1 , и A_2 состоит из дисков с небольшими отверстиями. Эти диски вставлены в металлические цилиндры. Между первым анодом и катодом создается разность потенциалов в сотни и даже тысячи вольт. Сильное электрическое поле ускоряет электроны, и они приобретают большую скорость. Форма, расположение и потенциалы анодов выбраны так, чтобы наряду с ускорением электронов осуществлялась и фокусировка электронного пучка, т. е. уменьшение площади поперечного сечения пучка на экране почти до точки.

Рисунок 29

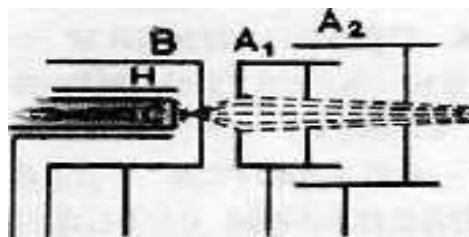
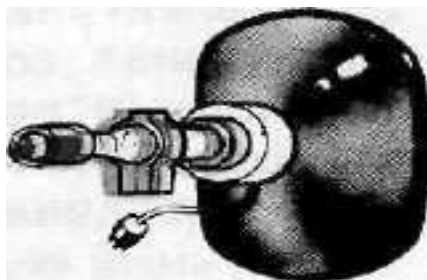


Рисунок 30



На пути к экрану пучок последовательно проходит между двумя парами управляющих пластин, подобных пластинам плоского конденсатора (см. рис. 29). Если электрического поля между пластинами нет, то пучок не отклоняется и светящаяся точка располагается в центре экрана. При сообщении разности потенциалов вертикально расположенным пластинам пучок смещается в горизонтальном направлении, а при сообщении разности потенциалов горизонтальным пластинам он смещается в вертикальном направлении.

Одновременное использование двух пар пластин позволяет перемещать светящуюся точку по экрану в любом направлении. Так как масса электронов очень мала, то они почти мгновенно реагируют на изменение разности потенциалов управляющих пластин.

В электронно-лучевой трубке, применяемой в телевизоре (так называемом кинескопе), управление пучком, созданным электронной пушкой, осуществляется с помощью магнитного поля. Это поле создают катушки, надетые на горловину трубки (рис. 30).

Широкое применение электронно-лучевые трубки находят в дисплеях — устройствах, присоединяемых к электронно-вычислительным машинам (ЭВМ). На экран дисплея, подобный экрану телевизора, поступает информация, записанная и переработанная ЭВМ. Можно непосредственно видеть текст на любом языке, графики различных процессов, изображения реальных объектов, а также воображаемые объекты, подчиняющиеся законам, записанным в программе ЭВМ.

Выводы.

В электронно-лучевых трубках формируются узкие электронные пучки, управляемые электрическими и магнитными полями. Эти пучки используются в осциллографах, кинескопах телевизоров, дисплеях ЭВМ.

Вопросы.

1. Как осуществляется управление электронными пучками?
2. Как устроена электронно-лучевая трубка?

3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Между анодом и катодом двухэлектродной лампы приложено напряжение 100 В. Какую работу совершит электрическое поле по перемещению электронов от анода к катоду за 1 час, если каждую секунду из катода эмитирует 10^{16} электронов.

$U = 100 \text{ В}$ $t = 1 \text{ час}$ $N = 10^{16}$ $t_0 = 1 \text{ с}$	<i>СИ</i> $U = 100 \text{ В}$ $t = 3600 \text{ с}$ $N = 10^{16}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	<i>Работа электрического поля</i> $A = qU$, где заряд прошедший за время t : $q = N e t$, тогда $A = N e t U / t_0$. <i>Устанавливаем единицы измерения</i> $[A] = \text{Кл} \cdot \text{с} \cdot \text{В} / \text{с} = \text{Дж}$ $A = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{16} \cdot 3600 \cdot 100 = 576 \text{ (Дж)}$.
$A - ?$		

Для данных задачи полученный результат работы электрического поля $A = 576 \text{ Дж}$ является реальным.

Ответ: работы электрического поля $A = 576 \text{ Дж}$.

Задача 2. Какой максимальный ток может существовать в анодной цепи двухэлектродной лампы, если из его катода каждую секунду вырывается $5 \cdot 10^{16}$ электронов?

$N = 5 \cdot 10^{16}$ $t = 1 \text{ с}$ $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	<i>Согласно определению электрического тока</i> $I_{\max} = \frac{q}{t}$, где $q = N e$ – заряд проходящий от катода к анода, тогда $I_{\max} = \frac{eN}{t}$, <i>Устанавливаем единицы максимальной силы тока</i> $[I_{\max}] = \text{Кл} / \text{с} = \text{А}$.
$I_{\max} - ?$ $I_{\max} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{16}}{1} = 8 \cdot 10^{-3} = 8 \text{ (мА)}$	

Для данных задачи полученный результат максимальной силы тока

$I_{\max} = 8 \text{ мА}$ является реальным.

Ответ: максимальная сила тока $I_{\max} = 8 \text{ мА}$.

Задача 3. Построить вольт – амперную характеристику двухэлектродной лампы в зависимости от изменения напряжения в анодной цепи постоянного тока в цепи накала по следующим данным:

$U, \text{ В}$	0	20	40	60	80
$I, \text{ мА}$	0	5	15	20	20

Определите ток насыщения и сопротивление двухэлектродной лампы при напряжении 20 и 60 В.

$U_1 = 20 \text{ В}$ $U_2 = 60 \text{ В}$ $I = 5 \text{ мА}$	<i>Ток насыщения $I_{\text{насх}} = 20 \text{ мА}$, видно из построенного графика.</i> <i>Согласно закону Ома для участка цепи $I = U / R$, тогда сопротивление двухэлектродной лампы при анодном напряжении U_1</i> $R_1 = U_1 / I$, а <i>сопротивление двухэлектродной лампы при анодном напряжении U_2</i>
$I_{\text{насх}} - ?$ $R_1 - ?$	

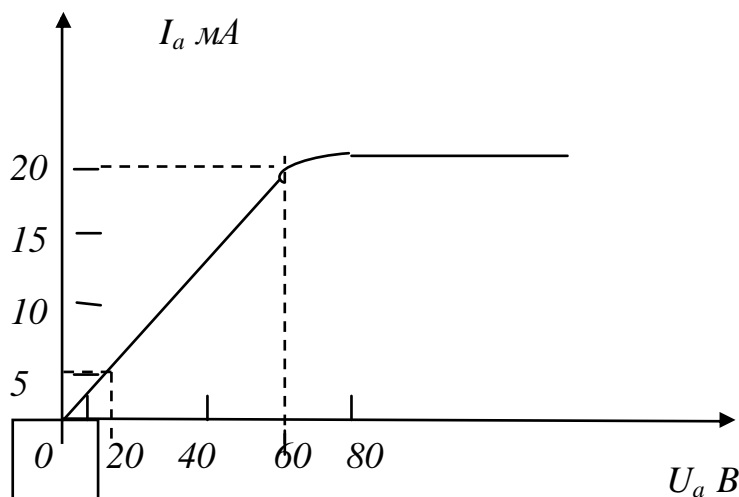
$$R_2 - ? \quad R_2 = U_2 / I_{\text{наск.}}$$

Устанавливаем единицы сопротивления $[R_1] = B/Ом = A$ и для сопротивления $[R_2] = B/Ом$.

$$R_1 = 20/5 \cdot 10^{-3} = 4000(Ом); R_2 = 60/20 \cdot 10^{-3} = 3000(Ом)$$

Для данных задачи полученный результаты сопротивлений $R_1 = 4000 Ом$ и $R_2 = 3000 Ом$ являются реальными.

Ответ: сопротивлений $R_1 = 4000 Ом$ и $R_2 = 3000 Ом$.



Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 85 - 87 (с.253 – 258)

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 87 - 88 (с.264 – 270)

V. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ

Знать: физический смысл электрического тока в жидкостях, электрической диссоциации, рекомбинации, электролиза; законы электролиза.

Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в жидкостях.

ПЛАН

1. Электрический ток в жидкостях:

- электролитическая диссоциация;
- ионная проводимость;
- электролиз и его применение;
- вопросы.

2. Законы электролиза:

- первый закон Фарадея;
- второй закон Фарадея;

- определение заряда электрона;
- вопросы.

3. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в жидкостях»

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ:

Жидкости, как и твердые тела, могут быть диэлектриками, проводниками и полупроводниками. К числу диэлектриков относится дистиллированная вода, к проводникам — растворы и расплавы электролитов: кислот, щелочей и солей. Жидкими полупроводниками являются расплавленный селен, расплавы сульфидов и др.

Электролитическая диссоциация.

В курсе неорганической химии X класса рассказано, почему водные растворы электролитов проводят электрический ток. При растворении электролитов под влиянием электрического поля полярных молекул воды происходит распад молекул электролитов на ионы. Этот процесс называется электролитической диссоциацией.

Степень диссоциации, т. е. доля молекул в растворенном веществе, распавшихся на ионы, зависит от температуры, концентрации раствора и диэлектрической проницаемости ϵ растворителя. С увеличением температуры степень диссоциации возрастает и, следовательно, увеличивается концентрация положительно и отрицательно заряженных ионов.

Ионы разных знаков при встрече могут снова объединиться в нейтральные молекулы — рекомбинировать. При неизменных условиях в растворе устанавливается динамическое равновесие, при котором число молекул, распадающихся за секунду на ионы, равно числу пар ионов, которые за то же время вновь объединяются в нейтральные молекулы.

Ионная проводимость. Носителями заряда в водных растворах или расплавах электролитов являются положительно и отрицательно заряженные ионы.

Если сосуд с раствором электролита включить в электрическую цепь, то отрицательные ионы начнут двигаться к положительному электроду — аноду, а положительные — к отрицательному — катоду. В результате установится электрический ток. *Поскольку перенос заряда в водных растворах или расплавах электролитов осуществляется ионами, такую проводимость называют ионной.*

Жидкости могут обладать и электронной проводимостью. Такой проводимостью обладают, например, жидкие металлы.

Электролиз. При ионной проводимости прохождение тока связано с переносом вещества. На электродах происходит выделение веществ, входящих в состав электролитов. На аноде отрицательно заряженные ионы отдают свои лишние электроны (в химии это называется окислительной реакцией), а на катоде положительные ионы получают недостающие электроны (восстановительная реакция). *Процесс выделения на электроде*

вещества, связанный с окислительно-восстановительными реакциями, называют электролизом.

Применения электролиза. Электролиз широко применяют в технике для различных целей. Электролитическим путем покрывают поверхность одного металла тонким слоем другого (никелирование, хромирование, омеднение и т. п.). Это прочное покрытие защищает поверхность от коррозии. Если обеспечить хорошее отслаивание электролитического покрытия от поверхности, на которую осаждается металл (этого достигают, например, нанося на поверхность графит), то можно получить копию с рельефной поверхности.

В полиграфической промышленности такие копии (стереотипы) получают с матриц (оттиск набора на пластичном материале), для чего осаждают на матрицах толстый слой железа или другого материала. Это позволяет воспроизвести набор в нужном количестве экземпляров. Если раньше тираж книги ограничивался числом оттисков, которые можно получить с одного набора (при печатании набор стирается), то сейчас использование стереотипов позволяет значительно увеличить тираж.

Правда, в настоящее время с помощью электролиза получают стереотипы только для книг высококачественной печати.

Процесс получения отслаиваемых покрытий — гальванопластика был разработан русским ученым Б. С. Якоби (1801 — 1874), который в 1836 г. применил этот способ для изготовления полных фигур для Исаакиевского собора в Петербурге.

При помощи электролиза осуществляют очистку металлов от примесей. Так, полученную из руды неочищенную медь отливают в форме толстых листов, которые затем помещают в ванну в качестве анодов. При электролизе медь анода растворяется, примеси, содержащие ценные и редкие металлы, выпадают на дно, а на катоде оседает чистая медь.

При помощи электролиза получают алюминий из расплава бокситов. Именно этот способ получения алюминия сделал его дешевым и наряду с железом самым распространенным в технике и быту металлом.

Выводы.

В растворах и расплавах электролитов свободные электрические заряды появляются за счет распада на ионы нейтральных молекул. Движение ионов в поле означает перенос вещества. Этот процесс широко используется на практике (электролиз).

Вопросы.

1. Что называют электролитической диссоциацией?
2. Почему при прохождении тока по раствору электролита происходит перенос вещества, а при прохождении по металлическому проводнику перенос вещества не происходит?
3. В чем состоит сходство и различие собственной проводимости у полупроводников и у растворов электролитов?

2. ЗАКОН ЭЛЕКТРОЛИЗА

При электролизе на электродах происходит выделение вещества. От чего зависит масса вещества, выделяющегося за определенное время? Это определяет закон электролиза.

Очевидно, что масса выделившегося вещества равна произведению массы одного иона m_0 , на число ионов N_i , достигших электрода за время Δt :

$$m = m_0 N_i \quad (1)$$

Масса иона m_0 , равна:

$$m_0 = \frac{M}{N_A} \quad (2)$$

где M — молярная (или атомная) масса вещества, а N_A — постоянная Авогадро, т.е. число ионов в одном моле.

Число ионов, достигших электрода, равно:

$$N_i = \frac{\Delta q}{q_0}, \quad (3)$$

где $\Delta q = I \Delta t$ — заряд, протекший через электролит за время Δt , q_0 — заряд иона, который определяется валентностью n атома: $q_i = ne$ (e — элементарный заряд).

При диссоциации молекул, состоящих из одновалентных атомов ($n = 1$), возникают однозарядные ионы. Например, при диссоциации молекул KBr возникают ионы K^+ и Br^- . Диссоциация молекул медного купороса ведет к появлению двухзарядных ионов Cu^{2+} и SO_4^{2-} так как атомы меди в данном соединении двухвалентны ($n = 2$). Подставляя в формулу (1) выражения (2) и (3) и учитывая, что $\Delta q = I \Delta t$, а $q_{0i} = ne$, получим:

$$m = \frac{M}{neN_A} I \Delta t. \quad (4)$$

Первый закон Фарадея. Обозначим через k коэффициент пропорциональности между массой вещества m и зарядом $\Delta q = I \Delta t$:

$$k = \frac{1}{neN_A} \frac{M}{n}. \quad (5)$$

Коэффициент k зависит от природы вещества (значений M и n). Тогда

$$m = k I \Delta t. \quad (6)$$

Следовательно, масса вещества, выделившегося на электроде за время Δt при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени.

Это утверждение, полученное нами теоретически, впервые было установлено экспериментально Фарадеем и носит название *первого закона электролиза Фарадея*.

Второй закон Фарадея.

Электрохимический эквивалент, данного вещества пропорционален его химическому эквиваленту.

$$k = \frac{1}{neN_A} \frac{M}{n},$$

где $\frac{M}{n}$ - химический эквивалент, равный отношению атомного веса элемента к его валентности; а $\frac{1}{neN_A} = \frac{1}{F} = C$ постоянная для всех веществ, где $F = - 98500$ моль/Кл – **число Фарадея**.

Из формулы (6) видно, что коэффициент k численно равен массе вещества, выделившегося на электродах, при переносе ионами заряда, равного 1 Кл. Величину k называют электрохимическим эквивалентом данного вещества и выражают в килограммах на кулон (кг/Кл).

Электрохимический эквивалент имеет простой физический смысл.

Так как $m_0 = \frac{M}{N_A}$ и $q_{0i} = en$, то согласно (5) $k = m_0/q_{0i}$, т.е. отношению

массы иона к его заряду.

Измеряя величины m и Δq , можно определить электрохимические эквиваленты различных веществ.

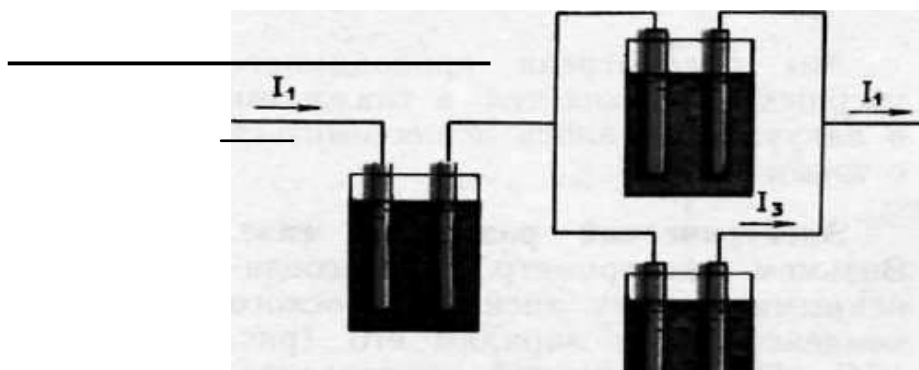
Второй закон Фарадея можно записать в виде $k = \frac{M}{F \cdot n}$

Убедиться в справедливости законов Фарадея можно на опыте. Соберем установку, показанную на рисунке (31). Все три электролитические ванны заполнены одним и тем же раствором электролита, но токи, проходящие через них, различны. Обозначим силы токов через I_1 , I_2 и I_3 . Тогда $I_1 = I_2 + I_3$. Измеряя массы И, m_1 , m_2 и m_3 веществ, выделившихся а электродах в разных ваннах, можно убедиться, что они пропорциональны соответствующим силам токов I_1 , I_2 и I_3 .

Определение заряда электрона. Формулу (4) для массы выделившегося на электроде вещества можно использовать для определения заряда электрона. Из этой формулы вытекает, что модуль заряда электрона

$$e = \frac{M}{mneN_A} I \Delta t.$$

Рисунок 32



Зная массу m выделившегося вещества при прохождении заряда $\Delta q = I \Delta t$ молярную массу M , валентность атомов n и постоянную Авогадро N_A , можно найти значение модуля заряда электрона. Оно оказывается равным $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Именно таким путем и было впервые в 1874 г. получено значение элементарного электрического заряда, но в опытах Р. Милликена и А. Ф. Иоффе элементарный заряд измерен значительно точнее.

Выводы.

Произведение силы тока на время определяет массу вещества, выделяемого при электролизе. Закон электролиза позволяет найти значение элементарного электрического заряда.

Вопросы.

1. Сформулируйте первый закон электролиза Фарадея.
2. Сформулируйте второй закон электролиза Фарадея.
3. Почему отношение массы вещества выделившегося при электролизе к массе иона равно отношению протекающего заряда к заряду иона?

3. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ: «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТЯХ»

Задача 1

В электролитической ванне с раствором медного купоросу на катоде за 20 минут выделилось 1,64 г меди. Амперметр, который включен в цепь последовательно с ванной, показывает ток 3,8 А. Верно ли, проградуирован амперметр?

	СИ
$\Delta t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$	$\Delta t = 1200 \text{ с}$
$m = 1,64 \text{ г} = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$	$m = 1,64 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$
$I_A = 3,8 \text{ А}$	$I_A = 3,8 \text{ А}$
	$k = 0,33 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}$

$$I = ?$$

По закону первому закону электролиза Фарадея $m = k \cdot I \cdot \Delta t$;
тогда $I = m / (k \cdot \Delta t)$;

$$\text{Устанавливаем единицы измерения: } [I] = \frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{с}} \cdot \text{Кл} = \frac{\text{Кл}}{\text{с}} = \text{А}$$

$$I = \frac{1,64 \cdot 10^{-3}}{0,33 \cdot 10^{-6} \cdot 1200} = 4,14(\text{А}).$$

$I \neq I_A$; так как $3,8 \text{ А} \neq 4,14 \text{ А}$. Для данных задачи полученный результат силы тока является реальным.

Ответ: амперметр проградуирован неверно, так как $3,8 \text{ А} \neq 4,14 \text{ А}$.

Задача 2

Проводящая сфера радиусом $R = 5 \text{ см}$ помещена в электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. На сколько увеличится масса сферы, если отложение меди длится $t = 30 \text{ мин}$ и электрический заряд, поступающий на каждый квадратный сантиметр поверхности сферы за 1 с , равен $0,01 \text{ Кл}$? Молярная масса меди $M = 0,0635 \text{ кг/моль}$.

$R = 5 \text{ см}$	СИ
$t_1 = 30 \text{ мин}$	$R = 0,05 \text{ м}$
$t_2 = 1 \text{ с}$	$t_1 = 1800 \text{ с}$
$q = 0,01 \text{ Кл}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$	$t_2 = 1 \text{ с}$
	$q = 0,01 \cdot 10^4 \text{ Кл}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$
	$M = 0,0635 \text{ кг/моль}$
	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
$m - ?$	$n = 2$

$$\text{Площадь поверхности сферы } S = 4\pi R^2 \\ = 314 \text{ см}^2.$$

Следовательно, заряд, перенесенный ионами за $t_1 = 1800 \text{ с}$,
равен $q_0 = q S t_1$.

Масса выделившейся меди равна согласно первому закону Фарадея $m = k \cdot I \cdot \Delta t$, где $q_0 = I \cdot \Delta t$, следовательно

$$m = k \cdot q_0, \quad m = k \cdot q 4\pi R^2 t_1, \text{ где}$$

$$k = \frac{1}{neN_A} \frac{M}{n}, \text{ тогда}$$

$$m = k \cdot q 4\pi R^2 t_1 = \frac{1}{neN_A} \frac{M}{n} q 4\pi R^2 t_1$$

$$\text{Устанавливаем единицы измерения: } [q_0] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Кл} \cdot \text{с} \cdot \text{моль}}{\text{Кл} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{моль}} = \text{кг}.$$

$$m = 0,01 \cdot 10^4 \cdot 1800 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

Для данных задачи полученный результат массы выделившегося вещества $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ является реальным.

Ответ: массы выделившегося вещества $m = 2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$.

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 88 – 90 (с.260 – 266)

Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 89 - 92 (с.271 – 277)

VI. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ

Знать: физический смысл электрического тока в газах, электрического разряда, ионизации газов, несамостоятельного самостоятельного и разрядов, плазмы; типы разрядов, свойство плазмы.

Уметь решать задачи на расчет силы тока, напряжения и сопротивления электрического тока в газах.

ПЛАН

1. Электрический ток в газах:

- физический смысл электрического тока в газах;
- ионизация газов;
- проводимость газов;
- рекомбинация в газах
- вопросы.

2. Несамостоятельный разряд и самостоятельный разряд:

- определение несамостоятельного и самостоятельного разрядов;
- условия возникновения несамостоятельного и самостоятельного разрядов;
- зависимость силы тока от напряжения при несамостоятельном и самостоятельном разрядах и ее анализ.
- вопросы

3. Типы самостоятельных разрядов и их применение:

- тлеющий разряд;
- электрическая дуга;
- коронный разряд;
- искровой разряд
- вопросы.

5. Плазма:

- определение плазмы;
- свойства плазмы;
- плазма в космическом пространстве;
- применение плазмы в технике.

- вопросы.

6. Примера решения задач.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ГАЗАХ

Мы рассмотрели проводимость твердых и жидких тел, а также ток в вакууме. Осталось познакомиться с током в газах.

Электрический разряд в газе.

Возьмем электрометр с присоединенными к нему дисками плоского конденсатора и зарядим его (рис. 33).

При комнатной температуре, если воздух достаточно сухой, конденсатор заметно не разряжается. Это показывает, что электрический ток, вызываемый разностью потенциалов в воздухе между дисками, очень мал. Следовательно, электрическая проводимость воздуха при комнатной температуре мала и его можно считать диэлектриком.

Теперь нагреем воздух между дисками горячей спичкой (рис. 34).

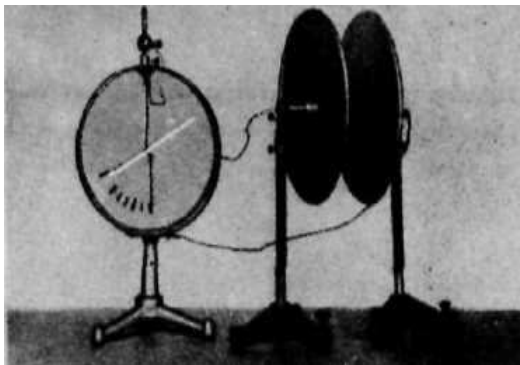


Рисунок 33

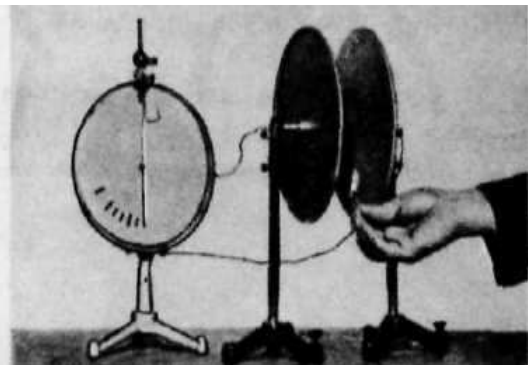


Рисунок 34

Заметим, что стрелка электрометра быстро приближается к нулю, значит, конденсатор разряжается. Следовательно, нагретый газ является проводником и в нем устанавливается электрический ток.

Процесс протекания электрического тока через газ называют газовым разрядом.

Ионизация газов. Мы видели, что при комнатной температуре воздух очень плохой проводник. При нагревании проводимость воздуха возрастает. Увеличение проводимости воздуха можно вызвать и иными способами, например действием излучений: ультрафиолетового, рентгеновского, радиоактивного и др.

При обычных условиях газы почти полностью состоят из нейтральных атомов или молекул и, следовательно, являются диэлектриками. Вследствие нагревания или воздействия излучением часть атомов ионизуется — распадается на положительно заряженные ионы и электроны

В газе могут образовываться и отрицательные ионы, которые появляются благодаря присоединению электронов к нейтральным атомам.

Ионизация газов при нагревании объясняется тем, что по мере нагревания молекулы движутся быстрее. При этом некоторые молекулы начинают двигаться так быстро, что часть из них при столкновениях распадается, превращаясь в ионы. Чем выше температура, тем больше образуется ионов.

Проводимость газов. Механизм проводимости газов похож на механизм проводимости растворов и расплавов электролитов. Разница состоит в том, что отрицательный заряд переносится в основном не отрицательными ионами, как в водных растворах или расплавах электролитов, а электронами.

Таким образом, в газах сочетается электронная проводимость, подобная проводимости металлов, с ионной проводимостью, подобной проводимости водных растворов или расплавов электролитов. Существенно еще одно различие. В растворах электролитов образование ионов происходит вследствие ослабления внутримолекулярных связей под действием молекул растворителя (молекул воды). В газах образование ионов происходит либо при нагревании, либо за счет действия внешних ионизаторов, например излучений.

Рекомбинация. Если ионизатор перестанет действовать, то можно заметить, что заряженный электромметр снова будет сохранять заряд. Это показывает, что после прекращения действия ионизатора газ перестает быть проводником. Ток прекращается после того, как все ионы и электроны достигнут электродов. Кроме того, при сближении электрона и положительно заряженного иона они могут вновь образовать нейтральный атом. Такой процесс называют рекомбинацией заряженных частиц.

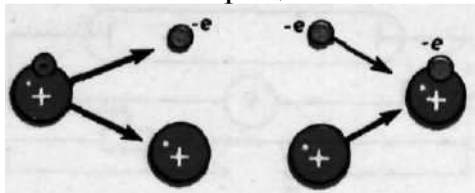


Рисунок 35

Рисунок 36

В отсутствие внешнего поля заряженные частицы исчезают только вследствие рекомбинации и газ становится диэлектриком. Если действие ионизатора неизменно, то устанавливается динамическое равновесие, при котором число вновь образующихся пар заряженных частиц равно среднему числу пар, исчезающих вследствие рекомбинации.

Выводы.

При комнатных температурах газы являются диэлектриками. Нагревание газа или облучение ультрафиолетом, рентгеновскими и другими лучами вызывает ионизацию атомов или молекул газа. Газ становится проводником.

Вопросы.

1. В чем разница между диссоциацией электролитов и ионизацией газов?
2. Что такое рекомбинация?
3. Почему после прекращения действия ионизаторов газ снова становится диэлектриком?

2. НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РАЗРЯДЫ

Разряд в газе может происходить и без внешнего ионизатора. Разряд способен поддерживать сам себя. Почему это возможно?

Несамостоятельный разряд. Для исследования разряда в газе при различных давлениях удобно использовать стеклянную трубку с двумя электродами (рис. 37).

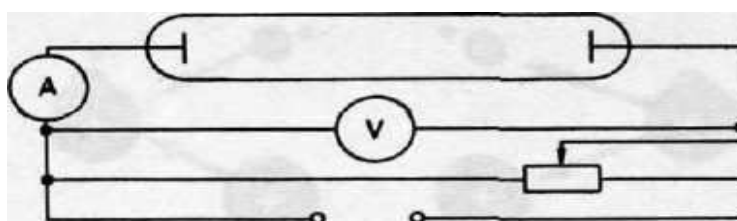


Рисунок 37

Пусть с помощью какого-либо ионизатора в газе образуется в секунду определенное число пар заряженных частиц: положительных ионов и электронов.

При небольшой разности потенциалов между электродами трубки положительно заряженные ионы перемещаются к отрицательному электроду, а электроны и отрицательно заряженные ионы — к положительному электроду. В результате в трубке возникает электрический ток, т. е. *происходит газовый разряд*.

Не все образующиеся ионы достигают электродов; часть их воссоединяется с электронами, образуя нейтральные молекулы газа. По мере увеличения разности потенциалов между электродами трубки доля заряженных частиц, достигающих электродов, увеличивается. Возрастает, и сила тока в цепи. Наконец, наступает момент, при котором все заряженные частицы, образующиеся в газе за секунду, достигают за это время электродов. При этом дальнейшего роста тока не происходит (рис. 38).

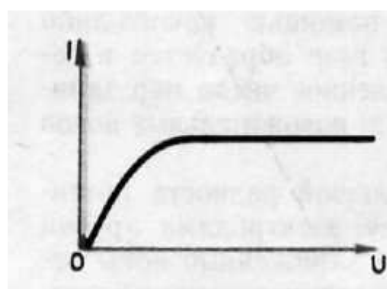


Рисунок 38



Рисунок 39

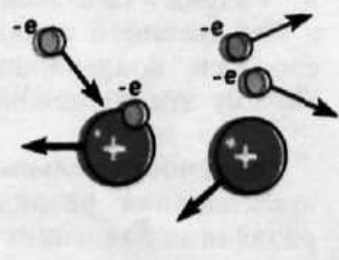


Рисунок 40

Ток, как говорят, достигает насыщения. Если действие ионизатора прекратить, то прекратится и разряд, так как других источников ионов нет. По этой причине разряд называют *несамостоятельным разрядом*.

Самостоятельный разряд. Что будет происходить с разрядом в газе, если продолжать увеличивать разность потенциалов на электродах. Казалось бы, что сила тока и при дальнейшем увеличении разности потенциалов должна оставаться неизменной. Однако опыт показывает, что в газах при увеличении разности потенциалов между электродами, начиная с некоторого значения, сила тока снова возрастает (рис. 39). Это означает, что в газе появляются дополнительные ионы сверх тех, которые образуются за счет действия ионизатора. Сила тока может возрасти в сотни и тысячи раз, а число ионов, возникающих в процессе разряда, может стать таким большим, что внешний ионизатор будет уже не нужен для поддержания разряда. Если убрать внешний ионизатор, то разряд не прекратится. Так как разряд не нуждается для своего поддержания во внешнем ионизаторе, его называют *самостоятельным разрядом*.

Ионизация электронным ударом. Каковы же причины резкого увеличения силы тока в газе при больших напряжениях?

Рассмотрим какую-либо пару заряженных частиц (положительный ион и электрон), образовавшуюся благодаря действию внешнего ионизатора. Появившийся таким образом свободный электрон начинает двигаться к положительному электроду — аноду, а положительный ион — к катоду. На своем пути электрон встречает ионы и нейтральные атомы. В промежутках между двумя последовательными столкновениями энергия электрона увеличивается за счет работы сил электрического поля. Чем больше разность потенциалов между электродами, тем больше напряженность электрического поля.

Кинетическая энергия электрона перед очередным столкновением пропорциональна напряженности поля и длине свободного пробега электрона (пути между двумя последовательными столкновениями):

$$\frac{mv^2}{2} = eEl$$

Если кинетическая энергия электрона превосходит работу A , которую нужно совершить, чтобы ионизовать нейтральный атом, т. е.

$$\frac{mv^2}{2} \geq A,$$

то при столкновении электрона с атомом происходит ионизация (рис. 40). В результате вместо одного свободного электрона оказываются два (налетающий на атом и вырванный из атома). Эти электроны, в свою очередь, получают энергию в поле и ионизуют встречные атомы и т. д. Вследствие этого число заряженных частиц резко возрастает, возникает *электронная лавина*. Описанный процесс называют ионизация электронным ударом. Но одна ионизация электронным ударом не может обеспечить длительный самостоятельный разряд. Действительно, ведь все возникающие

таким образом электроны движутся по направлению к аноду и по достижении анода «выбывают из игры». Для существования разряда необходима эмиссия электронов с катода (эмиссия означает испускание). Эмиссия электронов может быть обусловлена несколькими причинами. Положительные ионы, образовавшиеся при столкновении свободных электронов с нейтральными атомами, при своем движении к катоду приобретают под действием поля большую кинетическую энергию. *При ударах таких быстрых ионов о катод с поверхности последнего выбиваются электроны.*

Кроме того, катод может испускать электроны при нагревании до высокой температуры (термоэлектронная эмиссия). При самостоятельном разряде нагрев катода может происходить за счет бомбардировки его положительными ионами.

Выводы.

В газах при больших напряженностях электрических полей электроны достигают таких больших энергий, что начинается ионизация электронным ударом.

Разряд становится самостоятельным и продолжается без внешнего ионизатора.

Вопросы.

1. При каких условиях несамостоятельный разряд в газах превращается в самостоятельный?
2. Почему ионизация электронным ударом не может обеспечить разряд в газа?

6. Примеры решения задач по теме «Электрический ток в газах»

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 91 - 93 (с.267 – 277)

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 87 - 88 (с.271 – 278)

4. РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РАЗРЯДА И ИХ ТЕХНИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

В зависимости от свойств и состояния газа, а также от характера и расположения электродов и приложенного к электродам напряжения возникают различные виды самостоятельного разряда в газах.

Тлеющий разряд. При низких давлениях (десятые и сотые доли миллиметра ртутного столба) в трубке наблюдается тлеющий разряд. Для возбуждения тлеющего разряда достаточно напряжения между электродами в несколько сотен (а иногда и значительно меньше) вольт. При тлеющем разряде почти вся трубка, за исключением небольшого участка возле катода,

заполнена однородным свечением называемым положительным столбом (рис. 41).

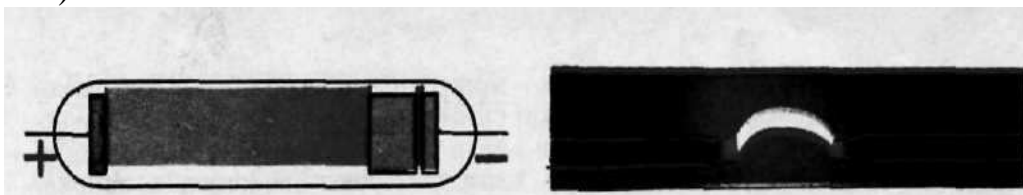


Рисунок 41

рисунок 42

Тлеющий разряд используют в трубках для реклам. Красное свечение возникает при наполнении трубки неоном. Положительный столб в аргоне имеет синевато-зеленоватый цвет. В лампах дневного света используют разряд в парах ртути. Важнейшее применение тлеющий разряд получил в сравнительно недавно созданных квантовых источниках света — газовых лазерах.

Электрическая дуга. При соприкосновении двух угольных стержней в месте их контакта из-за большого сопротивления выделяется большое количество теплоты. Температура повышается настолько, что начинается термоэлектронная эмиссия. Вследствие этого при раздвижении угольных электродов между ними начинается разряд. Между углями возникает столб ярко светящегося газа—электрическая дуга (рис. 42). Проводимость газа в этом случае значительна и при атмосферном давлении, так как число электронов, испускаемых отрицательным электродом, очень велико.

Сила тока в небольшой дуге достигает нескольких ампер, а в больших дугах — нескольких сотен ампер при напряжении порядка 50 В. Электрическая дуга была впервые получена в 1802 г. русским академиком В. В. Петровым.

Высокая температура катода при горении дуги поддерживается бомбардирующими катод положительными ионами. Газ в самой дуге также сильно разогревается под действием соударений с электронами и ионами, ускоряемыми полем. Из-за этого происходит термическая ионизация газа. На положительном электроде дуги под влиянием бомбардировки электронами образуется углубление — кратер. Температура в кратере при атмосферном давлении достигает $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$, а при давлении $2 \cdot 10^6\text{ Па}$ превышает $7000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Чтобы представить себе, насколько велика эта температура, заметим, что температура поверхности Солнца равна приблизительно $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Электрическая дуга может возникать не только между угольными, но и между металлическими электродами.

Если увеличивать силу тока при тлеющем разряде, то температура катода за счет бомбардировки ионами увеличится настолько, что начнется дуговой разряд. Таким образом, для возникновения дугового разряда не обязательно предварительное сближение электродов.

Дуговой разряд—мощный источник света, его используют в прожекторах (рис. 44), проекционных аппаратах и киноаппаратах.

В металлургии широко применяют электропечи, в которых источником теплоты служит дуговой разряд. Дуговой разряд используют также для сварки металлов (рис. 45).

Другие типы самостоятельного разряда. При атмосферном давлении вблизи заостренных участков проводника, несущего большой электрический заряд, наблюдается газовый разряд, светящаяся область которого напоминает корону (рис. 46). Этот разряд, называемый *коронным*, вызывается высокой (около $3 \cdot 10^6$ В/м) напряженностью электрического поля вблизи заряженного острия.

При такой большой напряженности поля ионизация посредством электронного удара происходит при атмосферном давлении. По мере удаления от поверхности проводника напряженность быстро убывает. Поэтому ионизация и связанное с ней свечение газа наблюдаются в ограниченной области пространства. Заряженное грозовое облако индуцирует на поверхности Земли под собой электрические заряды

Рисунок 44

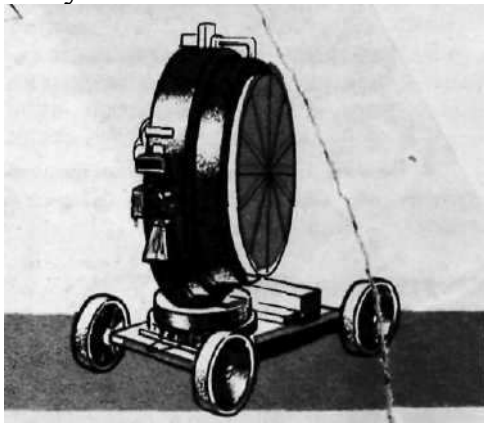
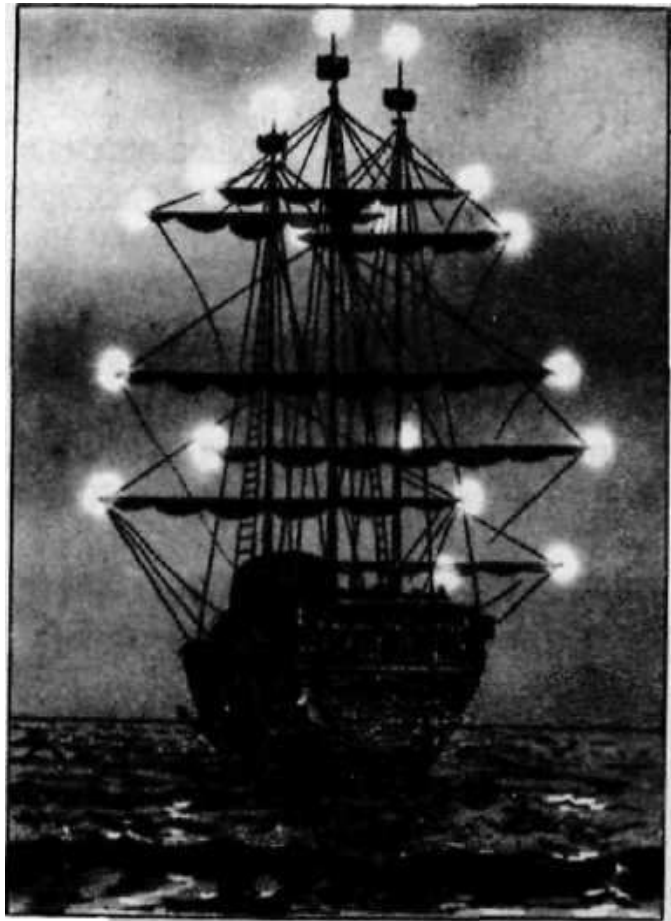


Рисунок 45

Рисунок 46



противоположного знака. Особенно большой заряд скапливается на остриях. Поэтому перед грозой или во время ее нередко на остриях, и острых углах высоко поднятых предметов вспыхивают похожие на кисточки конусы света. С давних времен это свечение называли огнями святого Эльма.

Особенно часто свидетелями этого явления становятся альпинисты. Иногда даже не только металлические предметы, но и кончики волос на голове украшаются маленькими светящимися кисточками. С коронным разрядом приходится считаться, имея дело с высоким напряжением. При наличии выступающих частей или очень тонких проводов может начаться коронный разряд. Это приводит к утечке электроэнергии. Чем выше напряжение высоковольтной линии, тем толще должны быть провода.

При большом напряжении между электродами в воздухе возникает искровой разряд, имеющий вид пучка ярких зигзагообразных полосок, разветвляющихся от тонкого канала (рис. 48). Этот вид разряда возникает тогда, когда мощность источника тока недостаточна для поддержания дугового или тлеющего разряда. Пример гигантского искрового разряда — молния (см. рис. 49). Молнии возникают либо между двумя облаками, либо между облаком и Землей. Сила тока в молнии достигает 500000 А, а разность потенциалов между облаком и Землей — 1 млрд. В.



Рисунок 48

На рисунке 50 показано свечение верхних слоев атмосферы, бомбардируемых заряженными космическими частицами (полярное сияние).

ВЫВОДЫ.

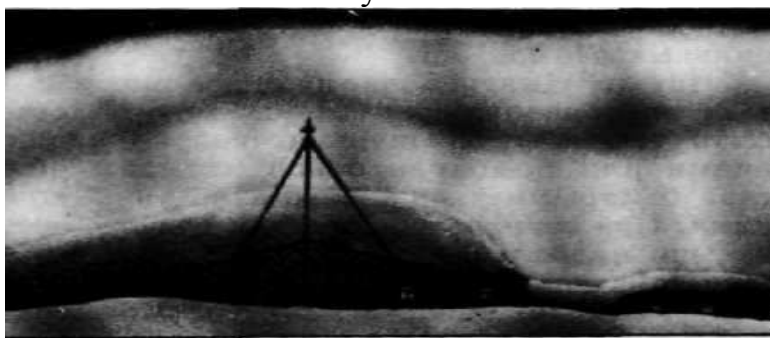
При низких давлениях происходит тлеющий разряд. При атмосферном давлении можно получить электрическую дугу, наблюдать коронный и искровой разряды.

1. Перечислите основные типы самостоятельного разряда.
2. Почему электрическая дуга образуется при низких напряжениях, а коронный разряд — при очень высоких?
3. Что называют искровым разрядом?

Рисунок 49



Рисунок 50



5. ПЛАЗМА

Сейчас вы познакомитесь с четвертым состоянием вещества — плазмой. Это состояние не является экзотическим. Подавляющая часть вещества Вселенной находится в состоянии плазмы.

Слово плазма произошло от греческого слова plasma — оформленное. Первоначально это слово начали употреблять в биологии для обозначения бесцветных жидких компонентов крови и живых тканей. В физике слово плазма приобрело другой смысл

При очень низких температурах все вещества находятся в твердом состоянии. Нагревание вызывает переход вещества из твердого состояния в жидкое. Дальнейшее повышение температуры приводит к превращению жидкости в газ.

При достаточно больших температурах начинается ионизация газа за счет столкновений быстро движущихся атомов или молекул. Вещество переходит в новое состояние называемое плазмой. *Плазма—это частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически совпадают.* Таким образом, плазма в целом является электрически нейтральной системой. В зависимости от условий степень ионизации плазмы (отношение числа ионизованных атомов к их полному числу) может быть различной. В

Наряду с нагреванием ионизация газа и образование плазмы могут быть вызваны различными излучениями или бомбардировкой атомов газа быстрыми заряженными частицами. При этом получается так называемая низкотемпературная плазма.

Свойства плазмы. Плазма обладает рядом специфических свойств, что позволяет рассматривать ее как особое четвертое состояние вещества.

Из-за большой подвижности заряженные частицы плазмы легко перемещаются под действием электрических и магнитных полей. Поэтому любое нарушение электрической нейтральности отдельных областей плазмы, вызванное скоплением частиц одного знака заряда, быстро ликвидируется. Возникающие электрические поля перемещают заряженные частицы до тех пор, пока электрическая нейтральность не восстановится и электрическое поле не станет равным нулю.

В отличие от нейтрального газа, между молекулами которого существуют короткодействующие силы, между заряженными частицами плазмы действуют кулоновские силы, сравнительно медленно убывающие с расстоянием. Каждая частица взаимодействует сразу с большим количеством окружающих частиц. Благодаря этому наряду с беспорядочным (тепловым) движением частицы плазмы могут участвовать в разнообразных упорядоченных (коллективных) движениях. В плазме легко возбуждаются разного рода колебания и волны.

Проводимость плазмы увеличивается по мере роста степени ионизации. При высокой температуре полностью ионизованная плазма по своей проводимости приближается к сверхпроводникам.

Плазма в космическом пространстве. В состоянии плазмы находится подавляющая (около 99%) часть вещества Вселенной. Вследствие высокой температуры Солнце и другие звезды состоят в основном из полностью ионизованной плазмы.

Из плазмы состоит и межзвездная среда, заполняющая пространство между звездами и галактиками. Плотность межзвездной среды очень мала — в среднем менее одного атома на 1 см^3 . Ионизация атомов межзвездной среды вызывается излучением звезд и космическими лучами — потоками быстрых частиц, пронизывающими пространство Вселенной по всем направлениям. В отличие от горячей плазмы звезд температура межзвездной плазмы очень мала.

Плазмой окружена наша планета. Верхний слой атмосферы на высоте 100—300 км представляет собой ионизованный газ — ионосферу. Ионизация воздуха верхних слоев атмосферы вызывается преимущественно излучением Солнца и потоком заряженных частиц, испускаемых Солнцем. Выше ионосферы простираются радиационные пояса Земли, открытые с помощью спутников. Радиационные пояса также состоят из плазмы.

Многими свойствами плазмы обладают свободные электроны в металлах. В отличие от обычной плазмы в плазме твердых тел положительные ионы не могут перемещаться по всему телу.

Практическое применение плазмы. Плазма возникает при всех видах разряда в газах: тлеющем, дуговом, искровом и т. д.

В светящихся трубках для рекламных надписей и в лампах дневного света используют плазму положительного столба тлеющего разряда. В лампах дневного света происходит разряд в парах ртути. Стеклопную трубку покрывают специальным составом — люминофором, который под действием излучения плазмы сам начинает светиться. Люминофор подбирают таким, чтобы его свечение было близко по составу к белому свету.

Газоразрядную плазму используют во многих приборах, например в газовых лазерах — квантовых источниках света. Лазеры наиболее мощные источники света. С ними вы познакомитесь в XI классе.

Горячая струя плазмы, движущаяся в магнитном поле, применяется в магнитогидродинамических генераторах (МГД).

Для космических кораблей перспективно применение маломощных плазменных двигателей.

Сравнительно недавно был создан новый прибор — *плазмотрон*. В плазмотроне создаются мощные струи плотной плазмы, широко применяемые в различных областях техники:

бурения скважин в твердых породах и т. д. (рис. 51). В плазменной струе ускоряются многие химические реакции, а также могут происходить такие реакции, которые в обычных условиях не наблюдаются.



Наиболее значительные перспективы физики видят в применении высокотемпературной плазмы (с температурой в десятки миллионов градусов) для создания управляемых термоядерных реакций.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования по осуществлению термоядерных реакций, сопровождающихся выделением огромной энергии. Решение этой грандиозной задачи даст в руки человечества практически неисчерпаемый источник энергии.

Выводы

Частично или полностью ионизованный газ называют плазмой. Звезды состоят из плазмы. Расширяется техническое применение плазмы: МГД-генераторы, плазмотроны, управляемые термоядерные реакции и др.

Вопросы

1. Что называют плазмой?
2. Когда вы наблюдали вещество в состоянии плазмы последний раз?
3. За счет каких процессов обычно образуется плазма в земных условиях и в космическом пространстве?

6. ПРИМЕРА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы ионизировать молекулу кислорода, работа ионизации которой 13,5 эВ?

$A_u = 13,5 \text{ эВ}$	СИ	
$m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$A_u = 2,16 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$	Электрон должен обладать кинетической Энергией, не меньшей работы
$v_{\text{мин}} - ?$	$m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	
ионизации.		

Минимальная скорость Электрона будет в случае, когда его кинетическая энергия равна работе ионизации, т.е. $A_u = m_0 v_{\text{мин}}^2 / 2$ отсюда $v_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{2A_u}{m_0}}$.

Устанавливаем единицы измерения

$$[v_{\text{мин}}] = \sqrt{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}} = \sqrt{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$v_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,16 \cdot 10^{-18}}{9,1 \cdot 10^{-31}}} = 2,2 \cdot 10^6 \cdot (\text{м} / \text{с}) = 2200 \text{ км} / \text{с}.$$

Для данных задачи полученный результат минимальной скорости электрона $v_{\text{мин}} = 2200 \text{ км/с}$ является реальным

Ответ: минимальной скоростью электрона $v_{\text{мин}} = 2200 \text{ км/с}$.

Задача 2. При облучении газа гамма излучением образуется каждую секунду $5 \cdot 10^{18}$ пар ионов. Определите силу тока насыщения, проходящего через газ, если заряд каждого иона $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

$N = 5 \cdot 10^{16}$	СИ	
$t = 1 \text{ с}$	Согласно определению электрического тока	
$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	$I_n = \frac{q}{t}$, где $q = Ne$ – заряд проходящий от катоду к анода, тогда $I_n = \frac{eN}{t}$,	
$I_n - ?$	Устанавливаем единицы силы тока насыщения:	
	$[I_{\text{мах}}] = \text{Кл/с} = \text{А}.$	

$$I_{\text{мах}} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 5 \cdot 10^{18}}{1} = 8 \cdot 10^{-1} = 0,8 (\text{А}).$$

Для данных задачи полученный результат максимальной силы тока – ток насыщения $I_{\text{мах}} = 0,8 \text{ А}$ является реальным.

Ответ: сила тока насыщения $I_{\text{мах}} = 0,8 \text{ А}$

Задача 3. Определите длину свободного пробега электрона в электродной трубке, заполненной разряженным азотом, в момент возникновения ударной ионизацией, если напряженность электрического поля между электродами трубки $2 \cdot 10^4 \text{ В/м}$, а работа ионизации молекулы азота 15,8 эВ.

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$A_u = 15,8 \text{ эВ}$$

$$E = 2 \cdot 10^4 \text{ В/м}$$

$$\lambda = ?$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$A_u = 15,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$E = 2 \cdot 10^4 \text{ В/м}$$

Согласно определению напряжения: $U = A_u/q$, где $U = Ed$ связь напряженности с напряжением, а $d = \lambda$. Длина свободного пробега – это расстояние между двумя близкими соударениями электрона и равна расстоянию между электродами. Тогда $A_u = Uq$; $A_u = Edq$, где $q = e$, $A_u = Ede$, или $A_u = E\lambda e$.

Следовательно $\lambda = A_u/eE$.

Устанавливаем единицы длины свободного пробега

$$[\lambda] = \text{Дж}/(\text{Кл} \cdot \text{В/м}) = \text{Кл} \cdot \text{В} \cdot \text{м}/\text{Кл} \cdot \text{В} = \text{м}$$

$$\lambda = 15,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} / (1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^4) = 790 \text{ (м)} = 79 \text{ (мм)}$$

Для данных задачи полученный результат длины свободного пробега электрона $\lambda = 79 \text{ (мм)}$

Ответ: длины свободного пробега электрона $\lambda = 79 \text{ (мм)}$.

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

§§ 88 – 90 (с.260 – 266)

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

§§ 89 - 92 (с.271 – 277)

VII ВОПРОСЫ И ЗАДАЧИ ПО ТЕМЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ»

Знать: основные законы, физические величины, характеризующие электрический ток в различных средах, их единицы измерения.

Уметь решать задачи, строить графики по теме характеризующий электрический ток в различных средах

1. Задачи для самоподготовки.
2. Тесты для самоподготовки.
3. Задачи домашней контрольной работы.

Задача 1. Длинная проволока, на концах которой поддерживается постоянное напряжение, накалилась докрасна. Часть проволоки опустили в холодную воду. Почему часть проволоки, оставшаяся над водой, нагревается сильнее?

Задача 2. Спираль электрической плитки перегорела и после соединения концов оказалась несколько короче. Как изменилось количество теплоты, выделяемое плиткой за определенное время?

Задача 3. Алюминиевая обмотка электромагнита при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ потребляет мощность 5 кВт . Какой окажется потребляемая мощность, если во время работы температура обмотки повысилась до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а напряжение осталось неизменным? Что будет, если неизменным останется ток в обмотке?

Задача 4. Для покрытия цинком металлических изделий в электролитическую ванну помещен цинковый электрод массой $0,01\text{ кг}$. Какой заряд должен пройти через ванну, чтобы электрод полностью израсходовался? Электрохимический эквивалент цинка $k = 3,4 \cdot 10^{-7}\text{ кг/Кл}$.

Задача 5. При силе тока $1,6\text{ А}$ на катоде электролитической ванны за 10 мин отложилась медь массой $0,316\text{ г}$. Определите электрохимический эквивалент меди.

Задача 6. Как надо расположить электроды, чтобы электролитическим путем покрыть внутреннюю поверхность полого металлического предмета?

Задача 7. При никелировании детали в течение 2 ч сила тока, проходящего через ванну, была 25 А . Электрохимический эквивалент никеля $k = 2,03 \cdot 10^{-7}\text{ кг/Кл}$, его плотность - $8,9 \cdot 10^3\text{ кг/м}^3$. Какова толщина слоя никеля, выделившегося на детали, если площадь детали 5 см^2 , а масса выделившегося никеля $0,2\text{ мг}$?

Задача 8. Однородное электрическое поле напряженностью E создано в металле и в вакууме. Одинаковое ли расстояние пройдет за одно и то же время электрон в том и в другом случае? Начальная скорость его равна нулю.

Задача 9. Определите скорость электронов при выходе из электронной пушки при разности потенциалов между анодом и катодом 500 и 5000 В .

Литература

1. Гончаренко С.У.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с

2. Коршак Е.В.

Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с

3. Под редакцией Гельфгат И. М.

Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия, 2003 – 80 с»

4. Кирик Л.А.

Физика 10. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы по 12 бальной системе. Харьков: «Гимназия, 2002 – 187 с»

VIII ТЕСТЫ

1н (1 балл). Удельное сопротивление металлов...

А. ...не зависит от температуры.

Б. ...возрастает с увеличением температуры.

В. ...убывает с ростом температуры обратно пропорционально

температуре.

Г. ...убывает с ростом температуры обратно пропорционально квадрату температуры.

2н. Какое соотношение является математической записью первого закона Фарадея для электролиза?

А. $k = \frac{A}{F \cdot n}$. Б. $m = k \cdot I \cdot t$. В. $F = g \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$. Г. $F = k \frac{g_1 g_2}{R^2}$.

2н. Электропроводность в газах осуществляется в основном за счет ...

А. ... молекул газов.

Б. ... отрицательных ионов.

В. ... электронов и ионов.

Г. ... протонов.

4н. При малых напряжениях ток в газах может осуществляться за счет ...

А. ... ударной ионизации.

Б. ... хаотичного движения молекул газа.

В. ... рекомбинации молекул газа. Г. ... действия ионизатора.

5н. Термоэлектронная эмиссия – это явление, при котором ...

А. ... свободные электроны вылетают с поверхности проводника.

Б. ... протоны вылетают с поверхности проводника.

В. ... молекулы вылетают с поверхности проводника.

Г. ... проводник заряжается, поглощая заряженные частицы из окружающей среды.

6с. В основе работы фоторезистора лежит зависимость сопротивления полупроводника от ...

А. ... давления.

В. ... концентрации газа в окружающей среде.

Б. ... температуры.

Г. ... интенсивности падающего света.

7с. Донорные примеси в полупроводнике n -типа ...

А. ... увеличивают количество дырок.

Б. ... увеличивают количество свободных электронов.

В. ... сообщают полупроводнику положительный заряд.

Г. ... сообщают полупроводнику отрицательный заряд.

8д. Сопротивление вольфрамовой нити лампы при 20 °С равно 20 Ом. Сопротивление той же нити в рабочем состоянии 188 Ом. Какова температура накаливания нити?

А. От 1500 °С до 1590 °С. Б. От 1600 °С до 1690 °С.

В. От 1700 °С до 1790 °С. Г. От 1800 °С до 1890 °С.

9д. Если электроды медные, то процесс электролиза медного купороса будет длиться пока ...

А. ... истощится раствор медного купороса. Б. ... растворится анод.

В. ... растворится катод. Г. ... существует напряжение на электродах.

10д. Сколько никеля выделится на катоде при электролизе за 1 ч при силе тока 10 А?

А. От 6 г до 8 г. Б. От 8 г до 10 г. В. От 10 г до 12 г. Г. От 12 г до 14 г.

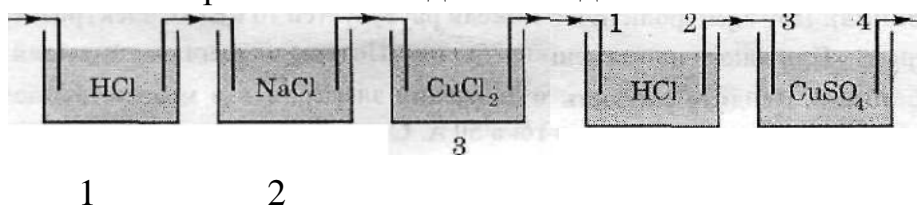
11 д Три электролитические ванны соединены последовательно (см. рисунок) При электролизе

А. ... больше всего хлора выделится в первой ванне.

Б. ... больше всего хлора выделится во второй ванне

В. ... больше всего хлора выделится в третьей ванне.

Г. ... во всех трех ваннах выделится одинаковое количество хлора.



К заданию 11

К заданию 13

12д. Определите массу серебра, которое выделилось за 2 ч на катоде при электролизе нитрата серебра, если электролиз проводится при напряжении 2 В, а сопротивление раствора 5 Ом.

А. От 0,5 г до 1 г. Б. От 1 г до 2 г. В. От 2 г до 3 г. Г. От 3 г до 4 г.

13д. На каких электродах (см. рисунок) в последовательно соединенных электролитических ваннах при электролизе будет выделяться медь?

А. На четвертом электроде. Б. На втором электроде.

В. На третьем электроде. Г. На третьем и четвертом электродах.

14д. Никелирование выполняют током плотностью 100 А/м (плотность тока $J = I/S$, где I — сила тока, S — площадь поперечного сечения проводника). Через какое время слой никеля достигнет толщины 0,05 мм?

А. От 200 мин до 240 мин. Б. От 240 мин до 280 мин.

В. От 280 мин до 320 мин. Г. От 320 мин до 360 мин.

15д. С какой скоростью достигают анода электронной лампы электроны, испущенные катодом, если напряжение между катодом и анодом равно 200 В? Начальной скоростью электрона можно пренебречь.

А. От 5000 км/с до 6000 км/с. Б. От 6000 км/с до 7000 км/с.

В. От 7000 км/с до 8000 км/с. Г. От 8000 км/с до 9000 км/с.

16д. При какой напряженности поля начинается самостоятельный разряд в воздухе, если энергия ионизации молекул равна $2,4 \cdot 10^{-18}$ Дж, а средняя длина свободного пробега электронов 5 мкм?

А. $3 \cdot 10^4$ В/м. Б. $3 \cdot 10^5$ В/м. В. $3 \cdot 10^6$ В/м. Г. $3 \cdot 10^7$ В/м.

17д. При какой напряженности электрическое поле может сообщить электрону на длине свободного пробега (1 мкм) скорость, равную его средней квадратичной скорости при комнатной температуре?

А. От 10^2 В/м до 10^3 В/м. Б. От 10^3 В/м до 10^4 В/м.

В. От 10^4 В/м до 10^5 В/м. Г. От 10^5 В/м до 10^6 В/м.

18д. Расстояние между катодом и анодом вакуумного диода равно 1 см. Сколько времени движется электрон от катода к аноду при анодном напряжении 440 В? Начальной скоростью электрона можно пренебречь, электрическое поле считайте однородным.

А. От 0,1 нс до 0,5 нс. Б. От 0,6 нс до 1,2 нс.

В. От 1,3 нс до 2,5 нс. Г. От 3,5 нс до 7,5 нс

19в(5 баллов). При 0 °С сопротивления двух проводников, соединенных последовательно и подключенных к источнику тока, $R_1 = 1$ Ом и $R_2 = 2,5$ Ом. Первый проводник нагрели до 850 °С, а температура второго осталась

неизменной. Мощность тока в первом проводнике при этом не изменилась. Найдите температурный коэффициент сопротивления материала проводников. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.

20в(4 балла). На сколько градусов нагреется алюминиевый проводник с площадью поперечного сечения $1,8 \text{ мм}^2$ после пропускания по нему тока 3 А на протяжении 20 с ? Считайте, что половина выделяемой энергии передается воздуху.

21в(5 баллов). В чистый полупроводник (кремний) добавили $0,00001\%$ атомов примеси (фосфор). Какой тип проводимости будет иметь полупроводник? Какой стала концентрация свободных носителей? Плотность кремния 2400 кг/м^3 .

22в(4 балла). На катоде электролитической ванны с раствором медного купороса за 20 мин выделилось $1,64 \text{ г}$ меди. Амперметр, включенный в цепь последовательно с ванной, показывает ток $3,8 \text{ А}$. Правильно ли проградуирован амперметр?

23в(4 балла). При электролитическом получении никеля расходуется $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии на килограмм. При каком напряжении происходит электролиз? Потери энергии не учитывайте.

24.в(5 баллов). Найдите скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике с площадью поперечного сечения 30 мм^2 при силе тока 50 А . Считайте, что на каждый атом приходится один электрон проводимости.

25в(5 баллов). Средняя скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике с площадью поперечного сечения 1 мм^2 равна $7,4 \cdot 10^{-3} \text{ см/с}$. Найдите силу тока в проводнике. Считайте, что каждый атом меди дает один свободный электрон.

26в(5 баллов). К концам стального проводника сопротивлением 3 Ом с площадью поперечного сечения 1 мм^2 приложено напряжение 4 В . Определите среднюю скорость упорядоченного движения электронов в проводнике, если их концентрация $4 \cdot 10^{23} \text{ м}^{-3}$.

27в(4 балла). Электрон со скоростью $2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ влетает параллельно пластинам в плоский конденсатор, напряженность поля в котором 6 кВ/м . Найдите модуль и направление вектора скорости электрона в момент вылета из конденсатора, если длина пластин конденсатора 6 см .

28в(4 балла). Чтобы электрон мог ионизировать молекулу газа, его кинетическая энергия должна превышать 15 эВ . При какой напряженности поля электрон получит такую энергию на пути 1 мкм ?

29в(4 балла). Какой должна быть температура атомарного водорода, чтобы средней кинетической энергии поступательного движения атомов было достаточно для ионизации при столкновении? Потенциал ионизации атомарного водорода $13,6 \text{ В}$.

30в(5 баллов). Плоский воздушный конденсатор зарядили до напряжения 10 кВ и отсоединили от источника напряжения. Расстояние между обкладками конденсатора 2 мм . Между ними помещен ионизатор, который создает каждую секунду 10 пар ионов в каждом кубическом сантиметре

воздуха. Считая, что 50% ионов достигают обкладок конденсатора, определите напряжение на обкладках конденсатора через 10 с.

31в(4 балла). Аэростат объемом 250 м^3 нужно заполнить водородом при температуре 27°С и давлении 100 кПа. Какой заряд необходимо пропустить при электролизе через слабый раствор серной кислоты, чтобы получить необходимое количество водорода?

IX ДОМАШНЯЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Задача 1

К концам стального проводника сопротивлением R с площадью поперечного сечения S , приложено напряжение U . Средняя скорость упорядоченного движения электронов в проводнике v , концентрация n . Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R , Ом	1,5	1,6	1,7	1,8	?	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	?	2,9	3,1
S , мм^2	1,1	1,2	1,3	?	1,5	?	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	?	2,3	?	2,5
U , В	3,5	3,6	?	3,8	3,9	4,0	?	4,2	4,3	4,4	?	4,6	4,7	4,8	?
n , $\cdot 10^{28}$ м^{-3}	2,5	?	2,7	2,9	3,1	3,5	3,6	?	3,8	?	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
v , мм/с	?	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	?	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5

Задача 2

Внутреннее сопротивление источника тока r . При замыкании источника тока на внешнее сопротивление R_1 напряжение на зажимах источника U_1 , а при замыкании на сопротивление R_2 напряжение на зажимах источника U_2 . Сопротивление проводников не учитывать. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R_1 , Ом	1,7	1,8	1,5	1,6	2,0	2,1	2,2	?	2,4	2,5	2,6	?	2,9	3,1	?
R_2 , Ом	1,1	1,2	1,3	?	1,5	?	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	?	2,5
U_1 , В	3,5	3,6	?	3,8	3,9	4,0	?	4,2	4,3	4,4	?	4,6	4,7	4,8	?
U_2 , В	2,5	?	2,7	2,9	?	3,5	3,6	?	3,8	?	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4
r , Ом	?	0,2	?	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	?	0,3	1,0	0,1	?	0,9	1,1

Задача 3

Сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания при температуре t_1 , равно R_1 , а при t_2 , - R_2 . Температурный коэффициент сопротивления вольфрамовой нити α . Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_1, ^\circ C$	17	18	15	16	20	21	22	?	24	25	26	?	29	31	?
$R_l, Ом$	1,1	1,2	1,3	?	1,5	?	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	?	2,5
$t_2, *10^2 ^\circ C$	35	36	?	38	39	40	?	32	33	34	?	40	41	42	?
$R_l, Ом$	250	?	270	290	?	350	360	?	380	?	400	410	420	430	440
$\alpha, *10^{-4} K^{-1}$?	42	?	41	43	42	41	42	?	43	40	41	?	40	41

Задача 4

Построить вольт – амперную характеристику двухэлектродной лампы в зависимости от изменения напряжения в анодной цепи постоянного тока в цепи накала по следующим данным:

Ва - ри - ант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_1, В$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$I_1, А$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$U_2, В$	20	18	22	15	16	24	28	30	25	19	17	21	23	26	23
$I_2, А$	5	4	6	3	7	8	9	6	5	4	3	7	8	9	5
$U_3, В$	40	30	42	35	36	44	48	50	45	39	37	41	43	46	43
$I_3, мА$	15	14	16	13	17	18	19	16	15	14	13	17	18	19	15
$U_4, В$	60	50	62	55	56	64	68	70	65	59	57	61	63	66	63
$I_4, мА$	20	18	21	18	22	23	24	21	20	19	18	22	23	24	20
$U_5, В$	80	70	82	75	76	84	88	90	85	79	77	81	83	86	83
$I_5, мА$	20	18	21	18	22	23	24	21	20	19	18	22	23	24	20
$U_6, В$	100	90	102	95	96	104	108	110	105	99	97	101	103	106	103
$I_6, мА$	20	18	21	18	22	23	24	21	20	19	18	22	23	24	20

Определите ток насыщения и сопротивление двухэлектродной лампы при напряжении U_4 и U_5 .

Задача 5

Максимальный ток I_{max} может существовать в анодной цепи двухэлектродной лампы, если из его катода каждую секунду вырывается электронов.

Определите величину, помеченную знаком вопросом. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$N, \cdot 10^{16}$	5,1	?	5,2	?	5,5	?	5,7	?	5,3	?	5,4	?	5,6	?	5,8
I_{max}, mA	?	8	?	6	?	4	?	5	?	3	?	7	?	9	?

Задача 6

Между анодом и катодом двухэлектродной лампы приложено напряжение U . Электрическое поле совершает работу по перемещению электронов от анода к катоду за 1 час, если каждую секунду из катода эмитирует N электронов. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U, В$	110	120	130	?	150	?	140	210	160	190	180	?	200	210	?
$A, Дж$?	600	620	630	?	604	?	650	?	530	?	570	520	590	610
$t, час$	1	1,5	?	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	?	1,9	2,0	0,5	?	1,8
$N, \cdot 10^{16}$	2	?	4	5	10	7	1	?	6	0,6	3	8	?	11	9

Задача 7

К концам цепи, состоящей из последовательного включения термистора и резистора сопротивлением R_1 , подано напряжение U_1 . При комнатной температуре сила тока в цепи была I_1 . Когда термистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала I_2 . В результате нагрева сопротивление термистора изменилось в n раз. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R_1, кОм$	1,7	1,8	1,5	1,6	?	2,1	2,2	1,4	2,4	2,5	2,6	2,0	?	3,1	2,9
$U_1, В$	11	12	13	?	15	?	17	1,8	19	20	21	?	23	?	25
I_1, mA	3,0	3,5	?	4,5	5,0	5,5	?	6,5	6,8	7,0	5,2	6,0	4,0	5,4	?
I_2, mA	13	?	14	24	15	12	16	?	22	?	17	18	19	20	21
n	?	3	2	4	5	6	7	8	?	9	?	10	11	12	14

Задача 8

Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление R_1 , включили последовательно с резистором сопротивлением R_2 . Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в n раза.

Сопротивление фоторезистора стало R_3 . Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R_1 , кОм	21	22	1,4	24	?	17	18	15	16	31	29	25	?	26	20
R_2 , кОм	2	3	1	?	4	?	5	6	7	8	9	?	10	?	4
n	?	3	2	4	5	6	7	8	?	9	?	10	11	12	14
R_3 , кОм	13	?	14	24	15	12	16	?	22	?	17	18	19	20	21

Задача 9

В электролитической ванне с раствором медного купоросу на катоде за 20 минут выделилось 1,64 г меди. Амперметр, который включен в цепь последовательно с ванной, показывает ток 3,8 А. Верно ли, проградуирован амперметр?

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Δt , с	16	31	29	30	32	20	21	22	14	24	18	15	18	17	26
m , г	2,3	2,6	1,3	2,5	4,2	3,2	4,5	3,6	3,7	3,8	3,9	2,8	2,9	2,4	3,0
I , А	?	3	2	4	5	6	7	8	?	9	?	10	11	12	14

Задача 10

Проводящая сфера радиусом R помещена в электролитическую ванну, наполненную раствором медного купороса. масса сферы увеличится на m , Отложение меди длится время равное t и электрический заряд, поступающий на каждый квадратный сантиметр поверхности сферы за 1 с, равен q ? Молярная масса меди $M = 0,0635$ кг/моль. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R , см	3	4	5	6	?	7	8	6,2	5,3	4,1	3,2	2,9	4,2	5,1	?
m , $\cdot 10^{-3}$ кг	2	3	?	?	4	?	5	6	7	8	9	?	10	?	4
t , мин	?	35	25	40	50	60	70	80	?	90	?	20	25	30	45
q , $\cdot 10^{-2}$ Кл	13	?	22	12	16	14	?	?	15	?	17	18	19	20	21

Задача 11

Электрон должен обладать минимальной скоростью v_{\min} , чтобы ионизировать молекулу газа, работа ионизации которой A_u ? $m_0 =$ (масса электрона m_0 $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг) Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	A_u , эВ	v_{\min} , км/с	газ
1	12,5	?	O ₂
2	?	2200	O ₂
3	13,5	?	O ₂
4	?	2300	H ₂
5	15,5	?	H ₂
6	?	2100	H ₂
7	15,4	?	N ₂
8	?	2400	N ₂
9	15,6	?	N ₂
10	?	2300	O ₂
11	15,8	?	O ₂
12	?	2500	H ₂
13	14,2	?	H ₂
14	?	2600	N ₂
15	14,6	?	N ₂

Задача 12

Длина свободного пробега λ электрона в электродной трубке, заполненной разряженным азотом, в момент возникновения ударной ионизацией, при напряженности электрического поля между электродами трубки E , а работа ионизации молекулы азота 15,8 эВ. (заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл) Определите величину, помеченную знаком вопросом

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
λ , м	71	?	73	?	75	?	78	?	80	?	82	?	84	?	86
E , $\cdot 10^4$ В/м	?	3,8	?	2,8	?	2,4	?	3,6	?	2,6	?	2,5	?	3,2	?

Задача 13

При облучении газа гама излучением образуется каждую секунду N пар ионов. Сила тока насыщения $I_{\text{нас}}$, проходящего через газ, если заряд каждого иона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Определите величину, помеченную знаком вопросом.

вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N , $\cdot 10^{18}$	5,3	?	5,4	?	5,6	?	5,8	5,1	?	5,2	?	5,5	?	5,7	?
$I_{\text{нас}}$, А	?	5	?	3	?	7	?	?	8	?	6	?	4	?	9

Задача 14

Температура атомарного водорода должна быть T , чтобы средней кинетической энергии поступательного движения атомов было достаточно для ионизации при столкновении? Потенциал ионизации атомарного водорода 13,6 В. Определите величину, помеченную знаком вопросом

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T, K	?	5	?	3	?	7	?	?	8	?	6	?	4	?	9
U, B	15,3	?	15,4	?	15,6	?	15,8	15,1	?	15,2	?	15,5	?	15,7	?

Х ЗАЧЕТНАЯ РАБОТА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ»

Знать: основные законы, физические величины, характеризующие электрический ток в различных средах, их единицы измерения.

Уметь решать задачи, строить графики по теме характеризующий электрический ток в различных средах

Вариант 1

Задача 1 (1 балл). Удельное сопротивление металлов...

- А. ...не зависит от температуры.
- Б. ...возрастает с увеличением температуры.
- В. ...убывает с ростом температуры обратно пропорционально температуре.
- Г. ...убывает с ростом температуры обратно пропорционально квадрату температуры.

Задача 2 (1 балл) Укажите прибор, в котором можно создать ток только в одном направлении

- А. Резистор.
- Б. Конденсатор.
- В. Полупроводниковый диод
- Г. Катушка.

Задача 3 (1 балл) В двух электролитических ваннах, соединенных последовательно, находится раствор медного купороса CuSO_4 раствор хлористой меди CuCl . При прохождении через них тока, количество меди ...

- А. ... в первой ванне выделится больше, чем во второй.
- Б. ... во второй ванне выделится больше чем в первой.
- В. ... выделится одинаково.
- Г. ... не выделиться вообще.

Задача 4 (1 балл) Как изменится сопротивление образца кремния с примесью фосфора, если ввести в него примесь галлия? Концентрации атомов фосфора и галлия одинаковы.

А. не изменится. Б. Увеличится. В. Уменьшится. Г. Уменьшится прямо пропорционально галлия.

Задача 5 (1 балл). Единицы сопротивления в СИ-...

А. ... вольт. Б. ... ампер. В. ... ватт. Г. ... ом.

Задача 6 (1 балл) Какое из математических соотношений является законом Джоуля – Ленца.?

А. $A = UIt$. Б. $A = Pt$. В. $Q = I^2 Rt$. Г. $A = Q$.

Задача 7 (2 балла). (2 балл) Сила тока в лампочке карманного фонаря 0,32 А. Сколько электронов проходит через поперечное сечение нити накала за 0,1 с?

А. $2 \cdot 10^{17}$. Б. $2 \cdot 10^{18}$. В. $2 \cdot 10^{19}$. Г. $2 \cdot 10^{20}$

Задача 8 (2 балла) При серебрении изделия за 2 часа на катоде выделилось 4 г серебра, определите силу тока . при серебрении.

А. Приблизительно 300 мА. Б. Приблизительно 400 мА.

В. Приблизительно 500 мА. Г. Приблизительно 600 мА

Задача 9 (2 балла) Изобразите на графике зависимость силы тока от напряжения в газах для случая, когда интенсивность ионизатора остается неизменной. Объясните каждый участок графика.

Задача 10 (2 балла). Можно ли получить *p-n*-переход, производя сплавление олова в германий или в кремний?

Задача 11 (2 балла) Сколько электронов проходит через поперечное сечение проводника за 1 с при силе тока 1 А?

А. Меньше, чем $2 \cdot 10^{18}$. Б. От $1,5 \cdot 10^{19}$ до $2 \cdot 10^{19}$.

В. От $5 \cdot 10^{19}$ до $8 \cdot 10^{19}$. Г. От $3 \cdot 10^{19}$ до $7 \cdot 10^{19}$.

Задача 12 (2 балла). В резисторе выделяется 12 Дж теплоты при силе тока 0,2 А за 30 с. Каково сопротивление резистора.

А. 1 Ом. Б. А. 10 Ом. В. 100 Ом. Г. 1000 Ом.

Задача 13 (3 балла). Найти скорость упорядоченного движения электронов в проводнике площадью поперечного сечения 5 мм^2 при силе тока 10 А, если концентрация электронов проводимости $5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

А. От 0,15 мм/с до 0,20 мм/с. Б. От 0,21 мм/с до 0,25 мм/с.

А. От 0,26 мм/с до 0,30 мм/с. Б. От 0,31 мм/с до 0,35 мм/с.

Задача 14 (3 балл) Допустимый ток для изолированного медного провода площадью поперечного сечения 1 мм^2 при продолжительной работе равен 11 А. Сколько метров такой проволоки можно включить в сеть с напряжением 110 В без дополнительного сопротивления.

А. От 200 м до 390 м. Б. От 400 м до 490 м.

В. От 500 м до 600 м. Г. От 610 м до 700 м.

Задача 15 (3 балла) . В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 12 мА, в цепи базы 600 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.

А. 114 А. Б. 11,4 А; В. 1,14 А. Г. 0,114 А.

Задача 16 (4 балла) Никелирование металлической пластинки с площадью поверхности 48 см^2 продолжалось 4 ч при силе тока 0,15 А. Определите толщину слоя никеля. Валентность никеля — 2.

Задача 17 (4 балла) При электролизе подкисленной воды через ванну прошел заряд 2500 Кл. Выделившийся кислород находится в объеме 0,5 л под давлением 101 кПа. Какова его абсолютная температура Т?

Задача 18 (5 балла) В электрическом кипятильнике вместимостью 2,2 л вода нагревается от 20°C до кипения за 32 мин. Определить силу тока, проходящего по обмотке нагревателя, если разность потенциалов 220 и КПД нагревателя 70 %

Вариант 2

Задача 1 (1 балл). Какое соотношение является математической записью первого закона Фарадея для электролиза?

А. $k = \frac{A}{F \cdot n}$. Б. $m = k \cdot I \cdot t$. В. $F = g \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$. Г. $F = k \frac{g_1 g_2}{R^2}$.

Задача 2 (1 балл). В основе работы фоторезистора лежит зависимость сопротивления полупроводника от ...

- А. ... давления. В. ... концентрации газа в окружающей среде.
Б. ... температуры. Г. ... интенсивности падающего света.

Задача 3 (1 балл) Проводниками называются вещества, которые ...

- А. ... не имеют большое число свободных заряженных частиц.
Б. ... имеют большое число свободных заряженных частиц.
В. ... имеют высокую температуру плавления.
Г. ... имеют кристаллическую решетку.

Задача 4 (1 балл) Могут ли существовать токи, текущие от более низкого потенциала к более высокому? Почему?

Задача 5 (1 балл). Единицы измерения напряжения в СИ - ...

- А. ... вольт. Б. ... ампер. В. ... ватт. Г. ... ом.

Задача 6 (1 балл) По какому из математических соотношений можно рассчитать работу силы тока?

А. $A = UIt$. Б. $A = Pt$. В. $Q = I^2 Rt$. Г. $A = Q$.

Задача 7 (2 балл) Определите электрохимический эквивалент свинца, если за 5 часов электролиза при силе тока 5 А на катоде выделилось 97 г свинца.

- А. Приблизительно $1 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл. Б. Приблизительно $2 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл..
В. Приблизительно $3 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.. Г. Приблизительно $4 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Задача 8. (2 балла) При электролизе выделенные из раствора ионы металлов переходят, теряя заряд на катод. Каким образом пополняется количество ионов металлов в растворе?

Задача 9 (2 балла) В сеть с напряжением 220 В включены последовательно две одинаковых электрических лампочки сопротивление 200 Ом каждая.. определить силу тока, проходящую через каждую лампочку.

- А. 0,0055 А. Б. 0,055 А. В. 0,55 А. Г. 5,5 А.

Задача 10 (2 балла) Какова сила тока в проводнике, если по нему проходит через поперечное сечение проводника за 1 с заряд равный 2,5 Кл.

- А. Меньше, чем 2 А Б. От 2,5 А до 3 А.
В. От 5 А до 8 А. Г. От 8 А до 9 А.

Задача 11 (2 балла) Сколько теплоты выделяется в резисторе сопротивлением 10 Ом за 30 с при силе тока 0,2 А?

- А. 1,8 Дж. Б. 600 Дж. В. 60 Дж. Г. 12 Дж.

Задача 12 (2 балла) Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 10^0 С равно 50 Ом. До какой температуры была нагрета нить, если сопротивление ее стало равным 550 Ом

- А. От 1000 до 1500 0 С. Б. От 1600 до 2200 0 С.
В. От 2300 до 3100 0 С. Г. От 3200 до 4100 0 С.

Задача 13 (3 балла). Через два медных проводника, соединенных последовательно, проходит ток. Сравните скорость упорядоченного движения электронов, если диаметр второго проводника в 2 раза меньше, чем у первого.

- А. Во втором в 2 раза больше. Б. Во втором в 4 раза больше.
В. Во втором в 4 раза меньше. Г. Во втором в 2 раза меньше.

Задача 14 (3 балла) Сопротивление вольфрамовой нити лампы при 20 0 С равно 20 Ом. Сопротивление той же нити в рабочем состоянии 188 Ом. Какова температура накаливания нити?

- А. От 1500 0 С до 1590 0 С. Б. От 1600 0 С до 1690 0 С.
В. От 1700 0 С до 1790 0 С. Г. От 1800 0 С до 1890 0 С.

Задача 15 (3 балла) Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление фоторезистора.

- А. 2,5 кОм. Б. 25 кОм. В. 250 Ом. Г. 25000 Ом

Задача 16 (4 балла) При какой плотности тока, проходящего через раствор хлористого серебра, на катоде каждый час откладывается слой серебра толщиной 1 мм? Электрохимический эквивалент серебра $A = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл.

Задача 17 (4 балла) При электролизе раствора $ZnSO_4$ была совершена работа 12 кВт/ч. Определите массу выделившегося цинка, если напряжение на клеммах электролитической ванны.

Задача 18 (5 балла) На изготовление кипятильника израсходован нихромовый провод объемом 10 см³. сколько воды можно нагревать каждую минуту этим кипятильником от 10 0 С до 100 0 С при плотности тока в кипятильнике 3 А/мм²? КПД кипятильника 75%.

Вариант 3

Задача 1 (1 балл). Электропроводность в газах осуществляется в основном за счет ...

- А. ... молекул газов. Б. ... отрицательных ионов.

В. ... электронов и ионов. Г. ... протонов.

Задача 2 (1 балл). Какое соотношение является математической записью второго закона Фарадея для электролиза?

А. $k = \frac{A}{F \cdot n}$. Б. $m = k \cdot I \cdot t$. В. $F = g \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$. Г. $F = k \frac{g_1 g_2}{R^2}$.

Задача 3 (1 балл). Донорные примеси в полупроводнике п -типа ...

А. ... увеличивают количество дырок.

Б. ... увеличивают количество свободных электронов.

В. ... сообщают полупроводнику положительный заряд.

Г. ... сообщают полупроводнику отрицательный заряд.

Задача 4 (1 балл) Единицы измерения силы тока в СИ - ...

А. ... вольт. Б. ... ампер. В. ... ватт. Г. ... ом.

Задача 5 (1 балл) Увеличение диаметра провода в высоковольтных линиях передач электроэнергии приводит к уменьшению потерь на коронный разряд, потому что

А. Увеличивается напряжение.

Б. Уменьшается напряжение.

В. Увеличивается сопротивление.

Г. Уменьшается сила тока.

Задача 6 (1 балл) По какому из математических соотношений можно рассчитать мощность силы тока?

А. $A = UIt$. Б. $P = Fv \cos \alpha$. В. $P = IU$. Г. $P = \frac{A}{t}$.

Задача 7 (2 балла) Почему катод электронной лампы быстро разрушается, если внутри находится небольшое количество воздуха?

Задача 8 (2 балла). За какое время при электролизе воды выделяется 30 г кислорода, если сила тока равняется 2 А?

А. От 15 до 25 часов.

Б. От 30 до 40 часов.

В. От 45 до 55 часов.

Г. От 60 до 70 часов.

Задача 9 (2 балла). Почему свободные электрические заряды не удерживаются на границе р-п-перехода?

А. На границе соприкосновения полупроводников возникает магнитное поле, которое действует на свободные заряды.

Б. На границе соприкосновения полупроводников возникает электрическое поле, которое действует на свободные заряды.

В. На границе соприкосновения полупроводников возникает термоэлектронная эмиссия, которое действует на свободные заряды.

Г. На границе соприкосновения полупроводников возникает гравитационное поле, которое действует на свободные заряды.

Задача 10 (2 балла) Найти удельное сопротивление стали при 50 °С.

А. $1,4 \cdot 10^{-5}$ Ом · м.

Б. $1,4 \cdot 10^{-6}$ Ом · м.

В. $1,4 \cdot 10^{-7}$ Ом · м.

Г. $1,4 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

Задача 11 (2 балла) Определите падение напряжения на проводнике сопротивлением 20 Ом, если известно, что по проводнику прошло 200 Кл электричества за 50 с.

А. 800 В. Б. 80 В. В. 8 В. Г. 0,8 В.

Задача 12 (2 балла) В лаборатории имеется столбик, вырезанный из монокристалла германия, а также цинк и фосфор. Каким образом из этих веществ можно получить *p-n*-переход?

Задача 13 (3 балла) Имеются водные растворы 5 % и 15 %. В каком растворе степень диссоциации больше, если их температуры одинаковы?

А. В 15 % растворе больше, чем в 5 %.

Б. В 5 % растворе больше, чем в 15 %.

В. Одинакова.

Г. . В 5 % растворе меньше, чем в 15 %.

Задача 14 (3 балла) Определите массу серебра, выделившегося на катоде при электролизе азотнокислого серебра за 2 ч, если к раствору приложено напряжение 2 В, а его сопротивление 5 Ом. ($k = 1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл)

А. $0,032 \cdot 10^{-2}$ кг.

Б. $0,32 \cdot 10^{-2}$ кг.

В. $3,2 \cdot 10^{-2}$ кг.

Г. А. $0,32 \cdot 10^{-2}$ кг.

Задача 15 (3 балла) Если электроды медные, то процесс электролиза медного купороса будет длиться пока ...

А. ... истощится раствор медного купороса. Б. ... растворится анод.

В. ... растворится катод. Г. ... существует напряжение на электродах

Задача 16 (4 балла). Найти скорость упорядоченного движения электронов в стальном проводнике, концентрация электронов проводимости в котором равна 10^{28} м³, при напряженности поля 96 мВ/м

Задача 17 (4 балла) Для серебрения ложек через раствор серебра в течение времени 5 ч пропускается ток силой 1,8 А. Катодом служат 12 ложек, каждая из которых имеет площадь поверхности 50 см². Какой толщины слой серебра отложится на ложках?

Задача 18 (5 балла) При никелировании деталь покрывается слоем никеля толщиной 0.05 мм в течении 4 ч. Определите плотность тока.

Вариант 4

Задача 1 (1 балл). При малых напряжениях ток в газах может осуществляется за счет ...

А. ... ударной ионизации.

Б. ... хаотичного движения молекул газа.

В. ... рекомбинации молекул газа. Г. ... действия ионизатора.

Задача 2 (1 балл). Какую проводимость имеет кремний с примесью индия?

А. Электронную.

Б. Дырочную.

В. Ионную. Г. Атомную.

Задача 3 (1 балл). Единицы измерения мощности в СИ - ...

А. ... вольт.

Б. ... ампер.

В. ... ватт. Г. ... ом.

Задача 4 (1 балл). Почему требования к чистоте полупроводниковых материалов очень высоки (в ряде случаев не допускается наличие даже одного атома примеси на миллион атомов)?

А. Уменьшается резко число свободных зарядов.

Б. Увеличивается резко число свободных зарядов.

В. Полупроводники становятся диэлектриками.

Г. Сопротивление полупроводников резко увеличивается.

Задача 5 (1 балл). При прохождении тока температура электролита увеличилась. Изменилась ли интенсивность электролитической диссоциации в результате повышения температуры?

А. Интенсивность уменьшилась.

Б. Интенсивность не изменилась.

В. Интенсивность увеличилась.

Г. Интенсивность не зависит от температуры.

Задача 6 (1 балл). Имеются водные растворы 15 % и 25 %. В каком растворе степень диссоциации больше, если их температуры одинаковы?

А. В 25 % растворе больше, чем в 15 %.

Б. Одинакова.

В. В 15 % растворе больше, чем в 25 %.

Г. В 15 % растворе меньше, чем в 25 %.

Задача 7 (2 балла). Второй закон Фарадея устанавливает взаимосвязь между

А. ... массой вещества, выделившегося на электродах, и зарядом.

Б. ... электрохимическим эквивалентом вещества и его массой.

В. ... силой тока, который протекает через электролитическую ванну, и напряжением на ней.

Г. ... количеством молекул, которые диссоциировали, и массой вещества выделившегося на электродах, и зарядом.

Задача 8 (2 балла). В сырых помещениях с земляным или бетонным полом раз решается пользоваться электрическим током только низкого напряжения (не более 36 В). Чем это объясняется?

А. Хорошей проводимостью электрического тока таких помещений.

Б. Плохой проводимостью электрического тока таких помещений.

В. Большим сопротивлением электрическому току таких помещений.

Г. Низким напряжением электрическому току таких помещений.

Задача 9 (2 балла). Определите за какое время пройдут 200 Кл электричества по проводнику сопротивлением 20 Ом. Падение напряжения на проводнике 80 В.

А. 110 с.

Б. 90 с.

В. 70 с.

Г. 50 с.

Задача 10 (2 балла). Определите сопротивление электрического паяльника, потребляющего ток мощностью 300 Вт от сети напряжением 220 В.

А. 161,3 Ом.

Б. 16,13 Ом.

В. 1,613 Ом.

Г. 1613 Ом.

Задача 11 (2 балла). Золочение металлических изделий с общей поверхностью 340 см^2 продолжалось 5 ч 22 мин. Толщина покрытия золотом поверхности равнялась 0,02 мм. Определите при какой силе тока шло золочение металлических деталей. ($k_{\text{золота}} = 68 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл}$)

А. 0,1 А.

Б. 1 А.

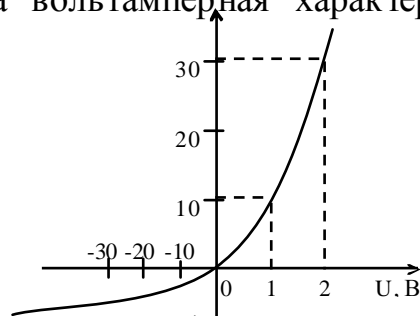
В. 0,1 А.

Г. 100 А.

Задача 12 (2 балла). Почему газосветные трубки тлеющего разряда необходимо беречь от попадания в них воздуха?

Задача 13 (3 балл). На рисунке дана вольтамперная характеристика полупроводникового диода.

Определите прямой ток при напряжении 2 В, обратный ток при напряжении -20 В и внутреннее сопротивление диода при напряжении 1 В.



- А. Прямой ток 20 мА, обратный ток равен - 0,035 мА, внутреннее сопротивление 10 Ом
 Б. Прямой ток 25 мА, обратный ток равен - 0,015 мА, внутреннее сопротивление 1000 Ом
 В. Прямой ток 30 мА, обратный ток равен - 0,025 мА, внутреннее сопротивление 100 Ом
 Г. А. Прямой ток 35 мА, обратный ток равен - 0,035 мА, внутреннее сопротивление 200 Ом

Задача 14 (3 балла) Сколько никеля выделится на катоде при электролизе за 1 ч при силе тока 10 А?

- А. От 6 г до 8 г. Б. От 8 г до 10 г. В. От 10 г до 12 г. Г. От 12 г до 14 г.

Задача 15 (3 балла) При какой напряженности электрическое поле может сообщить электрону на длине свободного пробега (1 мкм) скорость, равную его средней квадратичной скорости при комнатной температуре?

- А. От 10^2 В/м до 10^3 В/м. Б. От 10^3 В/м до 10^4 В/м.
 В. От 10^4 В/м до 10^5 В/м. Г. От 10^5 В/м до 10^6 В/м.

Задача 16 (4 балла). Каков расход электроэнергии на получение 1 кг алюминия, если электролиз ведется при напряжении 10 В, а КПД установки равен 0,8?

Задача 17 (4 балла). Ток плотностью $0,005 \text{ А/см}^2$ протекает через раствор сернокислого никеля (NiSO_4). За сколько времени отложится слой никеля толщиной 0,02 мм?

Задача 18 (5 балла). Спираль электроплитки изготовлена из нихромовой проволоки диаметром 0,25 мм и длиной 10 м.. За какое время можно нагреть 1,5 кг воды от 20° С до 100° С , если плитка включена в сеть постоянного тока напряжением 220 В? КПД плитки 60%. ($110 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$)

Вариант 5

Задача 1 (1 балл). Термоэлектронная эмиссия – это явление, при котором ...

- А. ... свободные электроны вылетают с поверхности проводника.
 Б. ... протоны вылетают с поверхности проводника.
 В. ... молекулы вылетают с поверхности проводника.
 Г. ... проводник заряжается, поглощая заряженные частицы из окружающей среды.

Задача 2 (1 балл). Выберите правильный ответ на вопрос: «Движение каких частиц создает электрический ток в металлах?»

А. Электроны и дырки. Б. Электроны.

В. Положительные и отрицательные ионы.

Г. Положительные и отрицательные ионы, электроны.

Задача 3 (1 балл). Единицы измерения работы электрического тока в СИ - ...

А. ... вольт. Б. ... ампер. В. ... джоуль. Г. ... ом.

Задача 4 (1 балл). Допisać одну из частей уравнения: $\dots = \frac{\rho l}{S}$.

А. ε . Б. U . В. I . Г. R .

Задача 5 (1 балл). Сопротивление фоторезистора ...

А. ... не зависит от освещенности. Б. ... зависит от освещенности.

В. ... не зависит от температуры. Г. ... зависит от температуры

Задача 6 (1 балл). Как зависит сила тока самостоятельного разряда от напряжения?

А. Не зависит. Б. Прямо пропорционально.

В. Обратно пропорционально. Г. Увеличивается.

Задача 7 (2 балла). Найти скорость упорядоченного движения электронов в стальном проводнике в котором концентрация 10^{28} м^{-3} , при напряженности поля 96 мВ/м.

А. От 0,1 до 0,2 мм/с. Б. От 0,3 до 0,5 мм/с.

В. От 0,6 до 0,7 мм/с. Г. От 0,8 до 1,0 мм/с

Задача 8 (2 балла) Чистая дистиллированная вода и поваренная соль являются изоляторами. Почему же раствор соли в воде является проводником?

Задача 9 (2 балла) Определите который пройдет за 50 с по проводнику сопротивлением 20 Ом. Падение напряжения на проводнике 80 В.

А. 200 Кл. Б. 150 Кл. В. 100 Кл. Г. 50 Кл.

Задача 10 (2 балла) Золочение металлических изделий продолжалось 5 ч 22 мин при силе тока в 1 А. Толщина покрытия золотом поверхности равнялась 0,02 мм. Определите общую поверхность золочения металлических деталей. ($k_{\text{золота}} = 68 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл}$)

А. 0,340 см². Б. 3,40 см². В. 34,0 см². Г. 340 см²

Задача 11 (2 балла) Определите мощность электрического паяльника, имеющего сопротивление 161,3 Ом и подключенного к сети напряжением 220 В.

А. 3 Вт. Б. 30 Ом. В. 300 Вт Ом. Г. 3000 Вт.

Задача 12 (2 балла) Какое количество теплоты выделиться в проводнике, по которому проходит $5 \cdot 10^{20}$ электронов при разности потенциалов 220 В?

А. От 12 Дж до 14 Дж. Б. От 15 Дж до 17 Дж. В. 18 Дж до 19 Дж.

Задача 13 (3 балла). Между анодом и катодом диода приложено напряжение 100 В. Какую работу совершает электрическое поле по перемещению электронов от катода к аноду за 1 ч, если каждую секунду из катода эмитирует 10^{16} электронов?

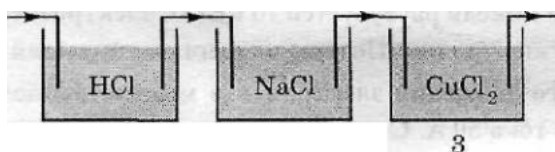
- А. От 200 Дж до 300 Дж. Б. От 310 Дж до 400 Дж.
В. От 410 Дж до 500 Дж. Г. От 510 Дж до 600 Дж.

Задача 14 (3 балла). При какой температуре сопротивление проводника станет в 2 раза больше, чем при 0°C .

- А. 210°C . Б. 230°C . В. 250°C . Г. 260°C .

Задача 15 (3 балла). Три электролитические ванны соединены последовательно (см. рисунок). При электролизе ...

- А. ... больше всего хлора выделится в первой ванне.
Б. ... больше всего хлора выделится во второй ванне.
В. ... больше всего хлора выделится в третьей ванне.
Г. во всех трех ваннах выделится одинаковое количество хлора.



Задача 16 (4 балла) Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 25 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 5 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 4 раза. Каким стало сопротивление фоторезистора.

Задача 17 (4 балла) Спираль электроплитки изготовлена из нихромовой проволоки диаметром 0,25 мм и длиной 10 м.. За какое время можно нагреть 1,5 кг воды от 20°C до 100°C , если плитка включена в сеть постоянного тока напряжением 220 В? КПД плитки 60%. ($110 \cdot 10^{-8}$ Ом м)

Задача 18 (5 балла) Определить, какая мощность расходуется при электролизе раствора серной кислоты, если за 25 мин выделяется 150 мг водорода, а сопротивление электролита 0,4 Ом. Потери не учитывать.

Вариант 6

Задача 1 (1 балл). В лампах дневного света наблюдают...

- А. ... тлеющий разряд. Б. ... коронный разряд.
В. ... искровой разряд. Г. ... термоэлектронная эмиссия

Задача 2 (1 балл). Выберите правильный ответ на вопрос: «Что обеспечивает электрический ток в полупроводниках?»

- А. Электроны и дырки. Б. Электроны.
В. Положительные и отрицательные ионы.
Г. Положительные и отрицательные ионы, электроны.

Задача 3 (1 балл). Удельное сопротивление электролита уменьшается с ростом температуры, так как ...

- А. ...изменяется плотность вещества.
Б... увеличивается количество ионов за счет диссоциации молекул электролитов.
В. ... уменьшается средняя квадратичная скорость движения молекул
Г. ...уменьшается количество ионов за счет рекомбинации.

Задача 4 (1 балл) Две одинаковые электролитические ванны заполнены раствором медного купороса; в первой ванне концентрация раствора выше. Сравните количество выделившейся на их катодах меди, если ванны соединены параллельно.

А. В первой ванне меди выделится больше, чем во второй.

Б. Во второй ванне меди выделится больше, чем в первой.

В. Одинаковое количество меди выделится в ваннах.

Г. Не выделиться медь ни в одной ванне.

Задача 5 (1 балл) Единицы измерения электрического заряда в СИ - ...

А. ... вольт. Б. ... ампер. В. ... кулон. Г. ... ом.

Задача 6 (1 балл) Дописать одну из частей уравнения: $R = \frac{\rho \dots}{S}$.

А. ε .

Б. U .

В. I .

Г. l .

Задача 7 (2 балла). Какой максимальный ток может существовать в анодной цепи диода, если каждую секунду вырывается $5 \cdot 10^{16}$ электронов?

А. От 2 мА до 4 мА.

Б. От 5 мА до 7 мА.

В. От 8 мА до 10 мА.

Г. От 12 мА до 14 мА.

Задача 8 (2 балла). Почему электрические лампы накаливания чаще всего перегорают в момент включения?

А. В момент включения сила тока во много раз больше номинальной, так как сопротивление холодной нити накала мало.

Б. В момент включения сила тока во много раз меньше номинальной, так как сопротивление холодной нити накала мало.

В. В момент включения сила тока во много раз больше номинальной, так как сопротивление холодной нити накала велико.

Г. В момент включения сила тока во много раз меньше номинальной, так как сопротивление холодной нити накала мало.

Задача 9 (2 балла) Что надо сделать, чтобы электропроводность германия и кремния стала такой же, как электропроводность металла?

Задача 10 (2 балла) Батарея аккумуляторов имеет ЭДС 12 В. Ток в цепи 4 А, а напряжение на зажимах 11 В. Определите ток короткого замыкания этой батареи.

А. 480 А. Б. 48 А. В. 4,8 А. Г. 0,48 А.

Задача 11 (2 балла) Электрон начал движение в электрическом поле из состояния покоя и приобрел скорость 8400 км/с. Определите под действием какой разности потенциалов пришел в движение электрон.

А. 20000 В. Б. 2000 В В. 200 В. Г. 20 В.

Задача 12 (2 балла). Какой силы ток должен проходить по проводнику, включенному в сеть с напряжением 220 В, чтобы в нем ежеминутно выделялось по 6,6 кДж теплоты?

А. 0,05 А. Б. 0,5 А. В. 5 А. Г. 50 А.

Задача 13 (3 балла) При электролизе раствора серной кислоты за 50 мин выделилось 3 г водорода. Определите мощность, расходуемую на нагревание электролита, если его сопротивление 0,4 Ом. ($k = 0,01 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл).

А. От 1 кВт до 2 кВт.

Б. От 3 кВт до 4 кВт.

В. От 5 кВт до 6 кВт.

Г. От 7 кВт до 8 кВт.

Задача 14 (3 балла) Расстояние между катодом и анодом вакуумного диода равно 1 см. Сколько времени движется электрон от катода к аноду при анодном напряжении 440 В? Начальной скоростью электрона можно пренебречь, электрическое поле считайте однородным.

А. От 0,1 не до 0,5 нс.

Б. От 0,6 не до 1,2 нс.

В. От 1,3 не до 2,5 нс.

Г. От 3,5 не до 7,5 нс.

Задача 15 (3 балла) Определите массу серебра, которое выделилось за 2 ч на катоде при электролизе нитрата серебра, если электролиз проводится при напряжении 2 В, а сопротивление раствора 5 Ом.

А. От 0,5 г до 1 г.

Б. От 1 г до 2 г.

В. От 2 г до 3 г.

Г. От 3 г до 4 г.

Задача 16 (4 балла) Найти скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике, площадью поперечного сечения 25 мм^2 при силе тока 50 А, считая что на каждый атом приходится один электрон проводимости.

Задача 17 (4 балла) При силе тока 5 А за 10 минут в электрической ванне выделилось 1,07 г двухвалентного металла. Определите атомную массу металла. Какой это металл?

Задача 18 (5 балла) При 0°C сопротивления двух проводников, соединенных последовательно и подключенных к источнику тока, $R_1 = 1$ Ом и $R_2 = 2,5$ Ом. Первый проводник нагрели до 850°C , а температура второго осталась неизменной. Мощность тока в первом проводнике при этом не изменилась. Найдите температурный коэффициент сопротивления материала проводников. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.

Вариант 7

Задача 1 (1 балл). При атмосферном давлении вблизи заостренных участках проводника, несущего большой электрический заряд наблюдают...

А. ... тлеющий разряд.

Б. ... коронный разряд.

В. ... искровой разряд.

Г. ... термоэлектронная эмиссия

Задача 2 (1 балл). Выберите правильный ответ на вопрос: «Что обеспечивает электрический ток в жидкостях?»

А. Электроны и дырки.

Б. Электроны.

В. Положительные и отрицательные ионы.

Г. Положительные и отрицательные ионы, электроны.

Задача 3 (1 балл). Закон Ома для участка цепи имеет математическое выражение ...

А. $I = \frac{U}{R}$.

Б. $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.

В. $R = \rho \frac{l}{S}$.

Г. $R = R_0(1 + \alpha \cdot t)$.

Задача 4 (1 балл). Как зависит сила тока несамостоятельного разряда от напряжения?

А. Не зависит. Б. Прямо пропорционально.

В. Обратно пропорционально. Г. Увеличивается.

Задача 5 (1 балл). Сопротивление термистора ...

А. ... не зависит от освещенности. Б. ... зависит от освещенности.

В. ... не зависит от температуры. Г. ... зависит от температуры

Задача 6 (1 балл) Дописать одну из частей уравнения: $\frac{I}{R} = \frac{q}{\quad}$.

А. ε .

В. R .

В. I .

Г. t

Задача 7 (2 балла) Сопротивление алюминиевого провода длиной 20 м и площадью поперечного сечения в 1 мм² равна 56 Ом. Определите удельное сопротивление алюминия.

А. $2,8 \cdot 10^{-7}$ Ом · м.

Б. $2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом · м.

В. $2,8 \cdot 10^{-9}$ Ом · м.

Г. $2,8 \cdot 10^{-10}$ Ом · м.

Задача 8 (2 балла) При охлаждении газа его проводимость уменьшается. Как объяснить это? Куда деваются ионы?

Задача 9 (2 балла) После введения в германий примеси мышьяка концентрация электронов проводимости увеличилась. Как изменилась при этом концентрация дырок?

А. Увеличилась. Б. Уменьшилась. В. Не изменилось. Г. Зависит от температуры германия.

Задача 10 (2 балла) При облучении газа гама излучением образуется каждую секунду $8 \cdot 10^{18}$ пар ионов. Определите силу тока насыщения, проходящего через газ, если заряд каждого иона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

А. От 0,6 до 0,9 А.

Б. От 1,0 до 1,9 А.

В. От 2,0 до 2,9 А.

В. От 3,0 до 3,9 А.

Задача 11 (2 балла) Сколько теплоты ежеминутно выделялось в проводнике, по которому проходит ток силой 0,5 А проводнику, при включении его в сеть с напряжением 220 В?

А. 6,6 кДж. Б. 66 кДж. В. 660 кДж. Г. 6600 кДж.

Задача 12 (2 балла) При каком напряжении между двумя металлическими электродами в форме острия, расстояние между которыми 16 см, наступит пробой в воздухе при нормальном давлении, если пробой наступает при напряжении электрического поля $1,25 \cdot 10^5$ В/м?

А. 2 кВ.

Б. 20 кВ.

В. 200 кВ.

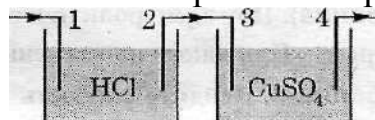
Г. 2000 кВ;

Задача 13 (3 балла) Определить в общем виде плотность тока в проводнике длиной l и удельном сопротивлении ρ , если напряжение на его концах равно U .

А. $j = \frac{U}{\rho \cdot l}$. Б. $j = \frac{lU}{\rho}$. В. $j = \frac{U\rho}{l}$. Г. $j = \frac{U}{\rho \cdot U}$.

Задача 14 (3 балла) На каких электродах (см. рисунок) в последовательно соединенных электролитических ваннах при электролизе будет выделяться медь?

- А. На четвертом электроде. Б. На втором электроде.
В. На третьем электроде. Г. На третьем и четвертом электродах.



Задача 15 (3 балла) Для определения температурного коэффициента сопротивления меди на катушку медной проволоки подавали одно и тоже напряжебие. При погружении этой катушки в тающий лед сила тока была 14 мА, а при опускании в кипяткок сила тока стала 10 мА. Найти по этим данным температурный коэффициент сопротивления меди.

- А. 0,0004 K⁻¹. Б. 0,004 K⁻¹. В. 0,04 K⁻¹. Г. 0,4 K⁻¹.

Задача 16 (4 балла) Постройте график вольт амперной характеристики диода в зависимости от изменения напряжения в анодной цепи при постоянном токе в цепи накала по следующим данным:

U _a , В	0	20	40	60	80	100
I _a , мА	0	5	15	20	20	20

Определить ток насыщения и сопротивление диода при анодном напряжении 20 и 60 В.

Задача 17 (4 балла) На сколько градусов нагреется алюминиевый проводник с площадью поперечного сечения 1,8 мм² после пропускания по нему тока 3 А на протяжении 20 с? Считайте, что половина выделяемой энергии передается воздуху.

Задача 18 (5 балла) Напряженность электрического поля внутри вольфрамовой нити накаливания электролампочки 330 В/м, диаметр нити 0,05 мм. Найдите силу тока, протекающего через нить, если ее температура 2000⁰ С.

Вариант 8

Задача 1 (1 балл). В электропечах источником теплоты служит ...

- А. ... тлеющий разряд. Б. ... электрическая дуга.
В. ... искровой разряд. Г. ... коронный разряд.

Задача 2 (1 балла). Выберите правильный ответ на вопрос: «Движение каких частиц создает электрический ток в вакууме?»

- А. Атомы. Б. Электроны.
В. Положительные и отрицательные ионы.
Г. Положительные и отрицательные ионы, электроны.

Задача 3 (1 балл) Какую проводимость имеет кремний с примесью фосфора?

- А. Электронную. Б. Дырочную. В. Ионную. Г. Атомную.

Задача 4 (1 балл) В международной системе Си работа измеряется в ...

- А. ... Вт. Б. ... Дж. В. ... В. Г. Кл.

Задача 5 (1 балл). Дописать одну из частей уравнения: $\varepsilon = I(\dots + r)$.

- А. U. Б. Q. В. A. Г. R.

Задача 6 (1 балл) Если баллон неоновой лампы потереть о шерсть, то лампа может зажечься. Как объяснить это явление?

Задача 7 (2 балла) сопротивление медного проводника при 20°C равно 50 Ом. Определите его сопротивление при температуре -30°C , если температурный коэффициент сопротивления $0,004\text{ K}^{-1}$.

А. 407,4 Ом. Б. 40,74 Ом. В. 4,074 Ом. Г. 0,4074 Ом.

Задача 8 (2 балла) Можно ли на основании законов Фарадея сделать заключение, что для электролитического выделения одинаковых количеств вещества требуется затрата равных количеств энергии тока? Почему?

Задача 9 (2 балла) Источник тока с ЭДС 220 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут проводником сопротивлением 108 Ом. Определите падение напряжения внутри источника тока.

А. 0,04 В. Б. 0,04 В. В. 0,4 В. Г. 4 В.

Задача 10 (2 балла) Какую скорость может сообщить электрону, находящемуся в покое разность потенциалов в 200 В?

А. 8400 км/с. Б. 840 км/с. В. 84 км/с. Г. 8,4 км/с.

Задача 11 (2 балла) за какое время в электрическом чайнике мощностью 600 Вт можно вскипятить 1 л воды, взятой при температуре 20°C ? КПД чайника 70 %.

А. 80000 с. Б. 8000 с. В. 800 с. Г. 80 с.

Задача 12 (2 балла). За какое время при электролизе серной кислоты выделиться 2 г водорода, если сила тока, проходящего через раствор, если сопротивление раствора 0,8 Ом при напряжении 1,6 В?

А. 965250 с. Б. 96525 с. В. 9652,5 с. Г. 965,25 с.

Задача 13 (3 балла). С какой скоростью ударяется электрон об анод катодной трубки, если между ее электродами поддерживается напряжение 220 В?

А. 8790 м/с. Б. 879 км/с. В. 8790 км/с. Г. 87900 м/с.

Задача 14 (3 балла) . Никелирование выполняют током плотностью 100 А/м (плотность тока $J = I/S$, где J — сила тока, S — площадь поперечного сечения проводника). Через какое время слой никеля достигнет толщины 0,05 мм?

А. От 200 мин до 240 мин. Б. От 240 мин до 280 мин.

В. От 280 мин до 320 мин. Г. От 320 мин до 360 мин.

Задача 15 (3 балла) С какой скоростью достигают анода электронной лампы электроны, испущенные катодом, если напряжение между катодом и анодом равно 200 В? Начальной скоростью электрона можно пренебречь.

А. От 5000 км/с до 6000 км/с. Б. От 6000 км/с до 7000 км/с.

В. От 7000 км/с до 8000 км/с. Г. От 8000 км/с до 9000 км/с.

Задача 16 (4 балла) Троллейбус массой 10 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Коэффициент трения при его движения 0,015. двигатель троллейбуса работает при напряжении 550 В и имеет КПД 0,9. определите силу тока в двигателе.

Задача 17 (4 балла) Определите длину свободного пробега электрона в электродной трубке, заполненной разряженным азотом, в момент возникновения ударной ионизации, если напряженность электрического поля между электродами трубки $2 \cdot 10^4$ В/м, а работа ионизации молекулы азота 15,8 эВ.

Задача 18 (5 балла) В чистый полупроводник (кремний) добавили 0,00001% атомов примеси (фосфор). Какой тип проводимости будет иметь полупроводник? Какой стала концентрация свободных носителей? Плотность кремния 2400 кг/м^3 .

Вариант 9

Задача 1 (1 балл). Удельное сопротивление полупроводника...

А. ...не зависит от температуры.

Б. ...возрастает с увеличением температуры.

В. ...убывает с ростом температуры.
температуре.

Г. ...убывает с ростом температуры обратно пропорционально квадрату температуры.

Задача 2 (1 балл). Закон Ома для полной цепи имеет математическое выражение ...

А. $I = \frac{U}{R}$. Б. $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$. В. $R = \rho \frac{l}{S}$. Г. $R = R_0(1 + \alpha \cdot t)$.

Задача 3 (1 балл) Ничтожно малые количества примесей, добавленные к полу проводнику, могут резко изменить его электропроводность. Почему даже во много раз большие количества примесей не оказывают заметного влияния на электропроводность металлов?

Задача 4 (1 балл) Дописать одну из частей уравнения: $I = \frac{\dots}{R + r}$.

А. \mathcal{E} .

Б. U .

В. ρ .

Г. S .

Задача 5 (1 балл). При каких условиях в газе возникает тлеющий разряд?

А. При большом напряжении между электродами и высоком давлении.

Б. При небольших напряжениях между электродами и низком давлении.

В. При сильном нагревании электродов и высоком давлении.

Г. При слабом освещении электродов и высоком давлении.

Задача 6 (1 балл). Работа электрического тока равная 1 Дж =

А. В/Кл.

Б. В · Кл.

В. В/Ом.

Г. В/А.

Задача 7 (2 балла). Найдите величину тока короткого замыкания источника ЭДС, равной 12 В и внутренним сопротивлением 0,3 Ом.

А. 40 А. Б. 4 А. В. 0,4 А. Г. 0,04 А.

Задача 8 (2 балла) Расстояние между электродами в трубке, наполненной парами ртути, 10 см. Какова скорость молекул при ударе о молекулу?

А. 1,8 мм/с. Б. 18 мм/с. В. 180 мм/с. Г. 1800 мм/с.

Задача 9 (2 балла) ЭДС источника тока равна 220 В, сопротивление внешнего участка цепи 53,5 Ом. Каково внутреннее сопротивление источника тока, если сила тока в цепи 4 А?

А. 150 Ом. Б. 15 Ом В. 1,5 Ом Г. 0,15 Ом.

Задача 10 (2 балла) Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 10°C равно 50 Ом. До какой температуры надо нагреть нить, если ее сопротивление стало равным 550 Ом.

А. 21100°C . Б. 2110°C . В. 211°C . Г. $21,1^{\circ}\text{C}$.

Задача 11 (2 балла). Аккумулятор с ЭДС равной 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом поставили на зарядку под напряжением 2,4 В. Определите силу тока в аккумуляторе, если сопротивление подводящих проводников 0,1 Ом.

А. 3 А. Б. 0,3 А. В. 0,03 А. Г. 0.003 А.

Задача 12 (2 балл). Медный анод массой 33 г погружен в ванну с водным раствором медного купороса. Через сколько времени анод полностью растворится, если электролиз идет при силе тока 2 А?

А. От 11 часов до 12 часов Б. От 13 часов до 14 часов

В. От 16 часов до 17 часов. Г. От 18 часов до 20 часов

Задача 13 (3 балл). Почему в анодной цепи диода при нагретом катоде существует ток, а при холодном – нет?

Задача 14 (3 балла) При какой напряженности поля начнется самостоятельный разряд в водороде, если энергия ионизации молекул равна $2,5 \cdot 10^{-18}$ Дж, а средняя длина свободного пробега 5 мкм? Какую скорость имеют электроны при ударе о молекулу?

А. 3,1 МВ/м; 2300 км/с. Б. 3,1 мВ/м; 2300 м/с

В. 3,1 В/м; 2300 км/ч. Г. 3,1 мВ/м; 2300 см/с

Задача 15 (3 балла) Найти скорость упорядоченного движения электронов в проводнике площадью поперечного сечения 5 мм^2 при силе тока 10 А, если концентрация электронов проводимости $5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$.

А. От 0,1 до 0,24 мм/с. Б. От 0,25 до 0,3 мм/с.

В. От 0,34 до 0,45 мм/с. Г. От 0,55 до 0,60 мм/с.

Задача 16 (4 балла) На катоде электролитической ванны с раствором медного купороса за 20 мин выделилось 1,64 г меди. Амперметр, включенный в цепь последовательно с ванной, показывает ток 3,8 А. Правильно ли проградуирован амперметр?

Задача 17 (4 балла). При электролитическом получении никеля расходуется $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ электроэнергии на килограмм. При каком напряжении происходит электролиз? Потери энергии не учитывайте.

Задача 18 (5 балла). Дом лесника подключен к электросети с помощью длинного кабеля с довольно большим сопротивлением. Лесник заметил, что два вода в двух одинаковых чайника закипает при последовательном и параллельном подключении их к сети за одно и тоже время. Чему равно сопротивления кабеля, если каждый из чайников потребляет при напряжении 220 В мощность 400 Вт?

Вариант 10

Задача 1 (1 балл). Электрический ток – это ...

- А. ... упорядоченное движение заряженных частиц.
- Б. ... хаотичное движение заряженных частиц.
- В. ... упорядоченное движение атомов и молекул.
- Г. ... хаотичное движение атомов и молекул.

Задача 2 (1 балл). Какую проводимость имеет кремний с примесью сурьмы?

- А. Электронную.
- Б. Дырочную.
- В. Ионную.
- Г. Атомную.

Задача 3 (1 балл). Закон Ома для участка цепи имеет математическое выражение ...

- А. $I = \frac{U}{R}$.
- Б. $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$.
- В. $R = \rho \frac{l}{S}$.
- Г. $R = R_0 (1 + \alpha \cdot t)$.

Задача 4 (1 балл) Электропроводность в жидкостях осуществляется за счет ...

- А. ... молекул газов.
- Б. ... отрицательных и положительных ионов.
- В. ... электронов и ионов.
- Г. ... протонов.

Задача 5 (1 балл) Дописать одну из частей уравнения: $R = \frac{\dots l}{S}$.

- А. ε .
- Б. U .
- В. I .
- Г. ρ .

Задача 6 (1 балл). Работа электрического тока равная 1 Дж =

- А. В/Кл.
- Б. В · А · с.
- В. В/Ом.
- Г. В/А.

Задача 7 (2 балл). Сколько электронов каждую секунду доходит до анода от катода двухэлектродной лампы, если анодный ток равен 20 мА?

- А. $1.25 \cdot 10^{17}$
- Б. $1.25 \cdot 10^{18}$
- В. $1.25 \cdot 10^{19}$
- Г. $1.25 \cdot 10^{20}$

Задача 8 (2 балл). Сколько серебра выделится на катоде при прохождении через водный раствор азота – серебряной соли за 5 ч, если сопротивление ванны 6 Ом, напряжение на ее зажимах 6 В? Серебро одновалентное.

- А. От 0,015 до 0,025 кг.
- Б. От 0,026 до 0,032 кг.
- А. От 0,033 до 0,045 кг.
- Б. От 0,046 до 0,052 кг.

Задача 9 (2 балла) На сколько надо повысить температуру медного проводника, взятого при 00 С, чтобы его сопротивление увеличилось в 3 раза? (0,0033 К-1)

- А. 606 К
- Б. 706 К
- В. 807 К
- Г. 907 К

Задача 10 (2 балла) Две одинаковые электролитические ванны заполнены раствором медного купороса; в первой ванне концентрация раствора меньше. Сравните количество выделившейся на их катодах меди, если ванны соединены параллельно.

- А. ... в первой ванне выделится больше, чем во второй.
- Б. ... во второй ванне выделится больше чем в первой.
- В. ... выделится одинаково.
- Г. ... не выделиться вообще.

Задача 11 (2 балла) Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы ионизировать молекулу кислорода, работа ионизации 13,5 эВ?

А. 2200 м/с. Б. 2200 км/с. Г. 220 км/с. Г. 22000 м/с.

Задача 12 (2 балла). Найдите защитное сопротивление проводника, который надо включить последовательно с лампой, рассчитанной на напряжение 110 В и силу тока 2 А, в сеть с напряжением 220 В?

А. 550 Ом. Б. 55 Ом. В. 5,5 Ом. Г. 0,55 Ом.

Задача 13 (3 балла) При прохождении заряда 20 Кл по проводнику сопротивлением 0,5 Ом электрический ток совершил работу 100 Дж. Сколько времени шел ток в проводнике (считая ток постоянным)?

А. 0,1 с. Б. 0,5 с. В. 2с. Г. 5 с.

Задача 14 (3 балла) При каком напряжении между двумя металлическими электродами в форме острия, расстояние между которыми 16 см, наступит пробой в воздухе при нормальном давлении, если пробой наступает при напряжении электрического поля $1,25 \cdot 10^5$ В/м?

А. 2 кВ; Б. 20 кВ; В. 200 кВ; Г. 2000 кВ.

Задача 15 (3 балла) К концам цепи, состоящей из последовательного включения термистора и резистора сопротивлением 1 кОм, подано напряжение 20 В. При комнатной температуре сила тока в цепи была 5 мА. Когда термистор опустили в горячую воду, сила тока в цепи стала 10 мА. Во сколько раз изменилось в результате нагрева сопротивление термистора.

А. в 3 раза. Б. в 1/3 раза. В. в 1/2 раза. Г. в 2 раза.

Задача 16 (4 балла) Определить скорость дрейфа электронов проводимости в медном проводнике, по которому проходит ток 5 А, если площадь поперечного сечения 20 мм^2 , число свободных электронов в единице объема $9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. за какое время электрон переместиться по проводнику на 1 см? электрический ток постоянный.

Задача 17 (4 балла) Электрон со скоростью $2 \cdot 10^6$ м/с влетает параллельно пластинам в плоский конденсатор, напряженность поля в котором 6 кВ/м. Найдите модуль и направление вектора скорости электрона в момент вылета из конденсатора, если длина пластин конденсатора 6 см.

Задача 18 (5 балла) Найдите скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике с площадью поперечного сечения 30 мм^2 при силе тока 50 А. Считайте, что на каждый атом приходится один электрон проводимости.

Вариант 11

Задача 1 (1 балл). Электропроводность в металлах осуществляется за счет ...

А. ... молекул газов. Б. ... отрицательных и положительных ионов.

В. ... электронов и ионов. Г. ... электронов.

Задача 2 (1 балл). Какое соотношение является математической записью зависимости сопротивления от его длины и площади поперечного сечения?

А. $I = \frac{U}{R}$. Б. $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$. В. $R = \rho \frac{l}{S}$. Г. $R = R_0(1 + \alpha \cdot t)$.

Задача 3 (1 балл). Заряд двухвалентного иона меди равен

А. $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл. Б. $3,2 \cdot 10^{-20}$ Кл. В. $3,2 \cdot 10^{-21}$ Кл. Г. $3,2 \cdot 10^{-22}$ Кл.

Задача 4 (1 балл). Единицу силы тока можно представить как 1 А = ...

А. ... В/Ом. Б. Ом·м. В. Ом/В. Г. В·Ом.

Задача 5 (1 балл). При каких условиях в газе возникает искровой разряд?

А. При большом напряжении между электродами.

Б. При небольших напряжениях между электродами.

В. При сильном нагревании электродов.

Г. При сильном освещении электродов.

Задача 6 (1 балл). Плазма – это ...

А. ... частично или полностью ионизованный газ.

Б. ... газ нагретый до высоких температур.

В. ... газ охлажденный до низких температур.

Г. ... газ у которого высокая плотность.

Задача 7 (2 балла). покрытие стальной детали производится двухвалентным никелем при плотности тока 400 А/м^2 . сколько времени потребуется для покрытия детали слоем толщиной 60 мкм?

А. 440 с. Б. 4400 с. В. 44000 с. Г. 440000 с

Задача 8 (2 балла). Через лампу накаливания проходит ток в 0,64 А. сколько свободных электронов проходит каждую секунду через поперечное сечение волоска лампы?

А. $4 \cdot 10^{18}$. Б. $4 \cdot 10^{19}$. В. $4 \cdot 10^{21}$. Г. $4 \cdot 10^{22}$.

Задача 9 (2 балла) Источник тока с ЭДС 220 В и падение напряжения внутри источника тока 4 В замкнут проводником сопротивлением 108 Ом.

Определите сопротивление источника тока.

А. 0,02 Ом. Б. 0,02 Ом. В. 0,2 Ом. Г. 2 Ом.

Задача 10 (2 балла) через раствор серной кислоты пропустили ток силой 1 А в течении 10 ч. Определите массу выделившегося водорода.

А. 373 мг. Б. 37,3 мг. В. 3,73 мг. Г. 0,373 мг.

Задача 11 (2 балла). Два резистора сопротивлениями 120 Ом и 90 Ом соединены параллельно. Определите силу тока во втором резисторе, если через первый резистор проходит ток 3 А.

А. 0,04 А. Б. 0,4 А. В. 4 А. Г. 40 А.

Задача 12 (2 балла) С какой скоростью ударяется электрон об анод катодной трубки, если между ее электродами поддерживается напряжение 220 В?

А. 8790 м/с; Б. 879 км/с; В. 8790 км/с; Г. 87900 м/с;

Задача 13 (3 балла) Сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания при температуре 20°C равно 20 Ом, а при температуре 3000°C – 250 Ом. Определите температурный коэффициент сопротивления вольфрама.

А. $0,00042 \text{ K}^{-1}$. Б. $0,0042 \text{ K}^{-1}$. В. $0,042 \text{ K}^{-1}$. Г. $0,42 \text{ K}^{-1}$.

Задача 14 (3 балла) По проводнику, к концам которого приложено напряжение 12 В, за 2 минуты прошел заряд 12 Кл. Найдите сопротивление проводника.

А. 0,5 Ом. Б. 2 Ом. В. 60 Ом. Г. 120 Ом.

Задача 15 (3 балла) Найти сопротивление полупроводникового диода в прямом и обратном направлении тока, если при напряжении на диоде 1,5 В сила тока 15 мА, а при напряжении – 30 В сила тока 0,3 мА.

А. 10 Ом; 100 кОм. Б. 10 кОм 1000 кОм.
В. 100 Ом; 100 кОм. Г. 1000 Ом; 1000 кОм.

Задача 16 (4 балла) Троллейбус массой 10 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Коэффициент трения при его движения 0,015. Двигатель троллейбуса работает при напряжении 550 В и имеет КПД 0,9. Определите силу тока в двигателе.

Задача 17 (4 балла) Чтобы электрон мог ионизировать молекулу газа, его кинетическая энергия должна превышать 15 эВ. При какой напряженности поля электрон получит такую энергию на пути 1 мкм?

Задача 18 (5 балла) Средняя скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике с площадью поперечного сечения 1 мм² равна $7,4 \cdot 10^{-3}$ см/с. Найдите силу тока в проводнике. Считайте, что каждый атом меди дает один свободный электрон.

Вариант 12

Задача 1 (1 балл). Электропроводность в вакууме осуществляется за счет ...

А. ... источника заряженных частиц .
Б. ... отрицательных и положительных ионов.
В. ... электронов и ионов.
Г. ... протонов.

Задача 2 (1 балл). Задача 2 (1 балл). Какое соотношение является математической записью зависимости сопротивления от его температуры?

А. $I = \frac{U}{R}$. Б. $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$. В. $R = \rho \frac{l}{S}$. Г. $R = R_0 (1 + \alpha \cdot t)$.

Задача 3 (1 балл). Единицу напряжения можно представить как 1 В= ...

А. ... Дж/Кл. Б. Дж·Кл. В. Кл/Дж. Г. Дж·А.

Задача 4 (1 балл). Допisać одну из частей уравнения: $R = \frac{\rho l}{\dots}$.

А. ε . Б. U . В. I . Г. S .

Задача 5 (1 балл). Процесс протекания электрического тока через газ называется ...

А. Рекомбинацией. Б. Диссоциацией.
В. Газовым разрядом. Г. Ионизацией.

Задача 6 (1 балл) Две одинаковые электролитические ванны соединены между собой последовательно. В одной из них — раствор CuCl_2 , в другой NiCl_2 . В какой из ванн на катоде выделится больше меди?

А. Во второй ванне больше, чем в первой в два раза.

Б. Во второй ванне меньше, чем в первой в два раза.

В. Одинаковое количество.

Г. Медь вообще не выделится.

Задача 7 (2 балла). При облучении газа гама - излучением образуется каждую секунду $5 \cdot 10^{18}$ пар ионов. Определить силу тока насыщения.

Проходящего через газ, если заряд каждого иона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

А. 0,8 А. Б. 1,0 А В. 1,2 А. Г. 1,4 А.

Задача 8 (2 балла) Какого типа — электронная или дырочная — будет проводимость германия, если к нему добавить в небольших количествах фосфор? Почему?

Задача 9 (2 балла) ЭДС источника тока равна 220 В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Какое надо взять сопротивление внешнего участка цепи, чтобы сила тока была 4 А?

А. 535 Ом. Б. 53,5 Ом. В. 535 Ом. Г. 5350 Ом.

Задача 10 (2 балла). Какова сила тока в резисторе, если при прохождении тока через этот резистор сопротивлением 12 Ом за 30 секунд в нем выделяется 12 Дж теплоты?

А. 20 А. Б. 0,02 А. В. 2 А. Г. 0,2 А.

Задача 11 (2 балла). Аккумулятор с ЭДС равной 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом поставили на зарядку под напряжением 2,4 В. Определите сопротивление подводящих проводников, если сила тока в аккумуляторе равна 3 А.

А. 1 Ом. Б. 0,1 Ом. В. 0,01 Ом. Г. 0,001 Ом. 0,1 Ом

Задача 12 (2 балла). На сколько градусов надо повысить температуру медного проводника, взятого при 0°C , чтобы его сопротивление увеличилось в три раза?

А. 465°C . Б. $46,5^\circ\text{C}$. В. $4,65^\circ\text{C}$. Г. $0,465^\circ\text{C}$.

Задача 13 (2 балла) Сколько цинка получено при электролизе раствора, если затрачено $3,6 \cdot 10^6$ Дж энергии при разности потенциалов между зажимами ванны 2 В? ($k = 0,34 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл)

Задача 14 (3 балла) При какой напряженности поля начинается самостоятельный разряд в воздухе, если энергия ионизации молекул равна $4,4 \cdot 10^{-18}$ Дж, а средняя длина свободного пробега электронов 10 мкм?

А. $3 \cdot 10^4$ В/м. Б. $3 \cdot 10^5$ В/м. В. $3 \cdot 10^6$ В/м. Г. $3 \cdot 10^7$ В/м.

Задача 15. (3 балла) В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 24 мА, в цепи базы 1200 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.

А. 238 А. Б. 23,8 А. В. 2,83 А. Г. 0,283 А.

Задача 16 (4 балла) Лифт массой 1,4 т поднимается на высоту 10 м за 30 с. Напряжение на зажимах электродвигателя 220 В его КПД 90 %. Определите мощность, развиваемую электродвигателем, и силу тока в нем

Задача 17 (4 балла) Какой должна быть температура атомарного водорода, чтобы средней кинетической энергии поступательного движения атомов было достаточно для ионизации при столкновении? Потенциал ионизации атомарного водорода 13,6 В.

Задача 18 (5 балла) К концам стального проводника сопротивлением 3 Ом с площадью поперечного сечения 1 мм² приложено напряжение 4 В. Определите среднюю скорость упорядоченного движения электронов в проводнике, если их концентрация $4 \cdot 10^{-3}$.

Вариант 13

Задача 1 (1 балл). Электропроводность в полупроводниках осуществляется за счет ...

А. ... электронов и дырок.

Б. ... отрицательных и положительных ионов.

В. ... электронов и ионов.

Г. ... протонов и электронов.

Задача 2 (1 балл). Какую проводимость имеет кремний с примесью галлия?

А. Электронную. Б. Дырочную. В. Ионную. Г. Атомную.

Задача 3 (1 балл) Какое из математических соотношений является определением силы тока?

А. $I = \frac{q}{t}$. Б. $I = \frac{U}{R}$. В. $I = \frac{P}{U}$. Г. $I = envS$.

Задача 4 (1 балл) Допisać одну из частей уравнения: $\varepsilon = I(R + \dots)$.

А. U .

Б. Q .

В. A .

Г. r .

Задача 5 (1 балл) Если сильно охладить положительный электрод, то горящая электрическая дуга ...

А. Не изменит своего свечения.

Б. Свечение дуги ослабнет.

В. Свечение дуги усилится.

Г. Газовый разряд прекратится.

Задача 6 (2 балла). При облучении ультрафиолетовым излучением воздушного промежутка между электродами получен ток насыщения 4 А. сколько пар ионов (или положительных ионов и электронов) образует ионизатор в 1 с?

А. $2,5 \cdot 10^{18}$. Б. $2,5 \cdot 10^{19}$. В. $2,5 \cdot 10^{20}$. Г. $2,5 \cdot 10^{21}$.

Задача 7 (2 балла). Две одинаковые электролитические ванны заполнены раствором медного купороса; в первой ванне концентрация раствора выше. Сравните количество выделившейся на их катодах меди, если ванны соединены последовательно.

А. В первой ванне меди выделится больше, чем во второй.

Б. Во второй ванне меди выделится больше, чем в первой.

В. Одинаковое количество меди выделится в ваннах.

Г. Не выделиться медь ни в одной ванне.

Задача 8 (2 балла). Какие затруднения встретила бы электротехника, если бы воздух был хорошим проводником электричества?

Задача 9 (2 балла) Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы ионизировать молекулу кислорода, работа ионизации 13,5 эВ.

А. 2200 м/с. Б 2200 км/с. В. 220 км/с. Г. 22000 м/с;

Задача 10 (2 балла) Задача 10 (2 балла) Что произойдет с горячей электрической дугой, если сильно охладить положительный электрод?

А. увеличиться газовый разряд. Б. Уменьшиться газовый разряд.

В. Ничего не произойдет. Г. Прекратиться газовый разряд.

Задача 11 (2 балла) При сопротивлении внешней цепи в 2 Ом разность потенциалов на зажимах аккумулятора равна 10 В. Определите внутреннее сопротивление аккумулятора, если его ЭДС равна 12 В.

А. 0,4 Ом. Б. 0,04 Ом. В. 4 Ом. Г. 40 Ом.

Задача 12 (2 балла). Золочение металлических изделий с общей поверхностью 340 см^2 продолжалось 5 ч 22 мин при силе тока 1 А. определите толщину слоя золота. ($k_{\text{золота}} = 68 \cdot 10^{-8} \text{ кг/Кл}$)

А. 0,2 мм. Б. 0,02 мм. В. 2 мм. Г. 20 мм.

Задача 13 (3 балла) По проводнику сопротивлением 100 Ом за 5 минут прошел заряд 60 Кл. Найдите напряжение приложенное к проводнику (считая ток постоянным).

А. 10 В. Б. 20 В. В. 30 В. Г. 40 В.

Задача 14 (3 балла) Найти сопротивление полупроводникового диода в прямом и обратном направлении тока, если при напряжении на диоде 0,5 В сила тока 5 мА, а при напряжении – 10 В сила тока 0,1 мА.

А. 10 Ом; 100 кОм. Б. 10 кОм; 1000 кОм.

В. 1000 Ом; 1000 кОм. Г. 100 Ом; 100 кОм.

Задача 15 (3 балла) Через раствор серной кислоты прошло $2 \cdot 10^5$ Кл количества электричества. Определите массу и объем выделившегося водорода при нормальных условиях. Плотность водорода $9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$.

Задача 16 (4 балла) Фоторезистор, который в темноте имеет сопротивление 45 кОм, включили последовательно с резистором сопротивлением 10 кОм. Когда фоторезистор осветили, сила тока в цепи (при том же напряжении) увеличилась в 3 раза. Каким стало сопротивление фоторезистора.

Задача 17 (4 балла) В электрическом кипятильнике вместимостью 2,2 л вода нагревается от 20°C до кипения за 32 мин. Определить силу тока, проходящего по обмотке нагревателя, если разность потенциалов 220 и КПД нагревателя 70 %

Задача 18 (5 балла) Плоский воздушный конденсатор зарядили до напряжения 10 кВ и отсоединили от источника напряжения. Расстояние между обкладками конденсатора 2 мм. Между ними помещен ионизатор, который создает каждую секунду 10 пар ионов в каждом кубическом сантиметре воздуха. Считая, что 50% ионов достигают обкладок конденсатора, определите напряжение на обкладках конденсатора через 10 с.

Вариант 14

Задача 1 (1 балл). Термисторы – это полупроводниковые приборы, сопротивления которых зависят от ...

А. ... температуры проводника.

Б. ... освещенности проводника.

В. ... молекул вылетающих с поверхности проводника.

Г. ... ионов вылетающих с поверхности проводника.

Задача 2 (1 балл). При прохождения тока через газовый промежуток наблюдается ...

А. ... только ионизация.

Б. ... ионизация и рекомбинация.

В. ... только диссоциация.

Г. ... только рекомбинация.

Задача 3 (1 балл). После введения в германий примеси мышьяка концентрация электронов проводимости увеличилась. Как изменилась при этом концентрация дырок?

А. Увеличилась.

Б. Не изменилась.

В. Уменьшилась

Задача 4 (1 балл). Что такое сверхпроводимость?

А. При очень близких температурах, сопротивление стремится к бесконечности.

Б. При очень близких температурах, сопротивление стремится к нулю.

В. При очень высоких температурах, сопротивление стремится к бесконечности.

Г. При очень высоких температурах, сопротивление стремится к нулю.

Задача 5 (1 балл). Если сильно охладить отрицательный электрод, то горящая электрическая дуга ...

А. Не изменит своего свечения.

Б. Свечение дуги ослабнет.

В. Свечение дуги усилится.

Г. Газовый разряд прекратится.

Задача 6 (1 балл). Степень диссоциации ионов на электродах ...

А. ...зависит прямо пропорционально от напряжения.

Б. ... не зависит от напряжения.

В. ...зависит обратно пропорционально от напряжения.

Г. ... зависит обратно пропорционально от силы тока.

Задача 7 (2 балла) В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 24 мА, в цепи базы 1200 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.

А. 238 А.

Б. 23,8 А.

В. 2,83 А.

Г. 0,283 А.

Задача 8 (2 балла) Объясните, почему при питании электрической дуги постоянным током положительный угольный электрод берется толще отрицательного. Нужно ли это делать при питании дуги переменным током?

Задача 9 (2 балла) Какое количество теплоты выделиться в проводнике, по которому проходит $5 \cdot 10^{20}$ электронов при разности потенциалов 220 В?

А. 1,76 Дж. А.

Б. 17,6 Дж. В. А. 176 Дж. Г. А. 1760 Дж.

Задача 10 (2 балла) Две одинаковые электролитические ванны заполнены раствором медного купороса; в первой ванне концентрация раствора

выше. Сравните количество выделившейся на их катодах меди, если ванны соединены параллельно.

А. ... в первой ванне выделится больше, чем во второй.

Б. ... во второй ванне выделится больше чем в первой.

В. ... выделится одинаково.

Г. ... не выделиться вообще.

Задача 11 (2 балла). Аккумулятор с ЭДС равной 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом поставили на зарядку. Определите напряжением, под которым находится аккумулятор на подзарядке, если сила тока в аккумуляторе равна 3 А, а сопротивление подводящих проводников 0,1 Ом.

А. 240 В.

Б. 24 В.

В. 20,4 В.

Г. 2,4 В

Задача 12 (2 балла) Определить массу выделившегося хлора при прохождении $5 \cdot 10^{24}$ электронов через раствор NaCl .

А. 0,00294 кг.

Б. 0,0294 кг.

В. 0,294 кг.

Г. 2,94 кг.

Задача 13 (3 балла) Допустимый ток для изолированного медного провода площадью поперечного сечения 1 мм^2 при силе тока 11 А. Сколько метров такой проволоки можно включить в сеть с напряжением 110 В без дополнительного сопротивления?

А. От 410 м до 430 м.

Б. От 440 м до 480 м.

В. Б. От 520 м до 570 м..

Г. Б. От 580 м до 600 м.

Задача 14 (3 балла) При электролизе раствора серной кислоты за 2,5 ч выделилось 0,45 г водорода. Определите сопротивление раствора, если мощность тока 32,5 Вт ($k = 0,01 - 10^{-6} \text{ кг/Кл}$).

А. От 1,0 до 2,0 Ом;

Б. От 3,0 до 4,0 Ом;

В. От 5,0 до 6,0 Ом;

Г. От 7,0 до 8,0 Ом;

Задача 15 (3 балла) Каковы затраты энергии на получение 1 кг алюминия, если электролиз соли алюминия ведется под напряжением 5,5 В ($k = 0,093 \cdot 10^{-6} \text{ кг/Кл}$).

А. $2 \cdot 10^7$ Дж до $3 \cdot 10^7$ Дж.

Б. $4 \cdot 10^7$ Дж до $5 \cdot 10^7$ Дж.

В. $6 \cdot 10^7$ Дж до $7 \cdot 10^7$ Дж.

Г. $8 \cdot 10^7$ Дж до $9 \cdot 10^7$ Дж.

Задача 16 (4 балла) Амперметр, включенный в цепь с электролитической ванной, показал 0,4 А. Правильно ли показание амперметра, если на катоде за 50 мин выделилось 0,5 г серебра? ($k = 1,118 \times 10^{-6} \text{ кг/Кл}$)

Задача 17 (4 балла) Аэростат объемом 250 м^3 нужно заполнить водородом при температуре 27°C и давлении 100 кПа. Какой заряд необходимо пропустить при электролизе через слабый раствор серной кислоты, чтобы получить необходимое количество водорода?

Задача 18 (5 балла) Спираль электроплитки изготовлена из нихромовой проволоки диаметром 0,25 мм и длиной 10 м.. За какое время можно нагреть 1,5 кг воды от 20°C до 100°C , если плитка включена в сеть постоянного тока напряжением 220 В? КПД плитки 60%. ($110 \cdot 10^{-8} \text{ Ом м}$)/

Вариант 15

Задача 1 (1 балл). Фоторезисторы — это полупроводниковые приборы, сопротивления которых зависят от ...

- А. ... температуры проводника.
- Б. ... освещенности проводника.
- В. ... молекул вылетающих с поверхности проводника.
- Г. ... ионов вылетающих с поверхности проводника.

Задача 2 (1 балл). Какого типа — электронная или дырочная — будет проводимость германия, если к нему добавить в небольших количествах цинк?

- А. p - n — типа.
- Б. n - p — типа.
- В. p — типа.
- Г. n — типа.

Задача 3 (1 балл). Единицу сопротивления можно представить как $1 \text{ Ом} = \dots$

- А. ... В/Кл.
- Б. В/А.
- В. А/Дж.
- Г. Дж/А.

Задача 4 (1 балл). Электропроводность в газах можно повысить за счет ...

- А. ... повышения температуры газа и облучения ультрафиолетовыми лучами или другими излучениями.
- Б. ... понижения температуры и облучения ультрафиолетовыми лучами.
- В. ... только понижением температуры.
- Г. ... только облучения ультрафиолетовыми лучами или другим излучениями.

Задача 5 (1 балл). Энергия, необходимая для отрыва электрона от атома, называется работой ионизации. Работу ионизации молекулы кислорода, равная 12,5 эВ в джоулях равна ...

- А. ... $2 \cdot 10^{-18}$.
- Б. ... $2 \cdot 10^{-19}$.
- В. ... $2 \cdot 10^{-20}$.
- Г. ... $2 \cdot 10^{-21}$.

Задача 6 (1 балл) Какое соотношение является математической записью химического эквивалента?

- А. M/n .
- Б. $M \cdot n$.
- В. n/M .
- Г. nI .

Задача 7 (2 балла). Медный анод массой 33 г погружен в ванну с водным раствором медного купороса. Через сколько времени анод полностью растворится, если электролиз идет при силе тока 2 А.

- А. От 10 до 15 часов.
- Б. От 16 до 20 часов.
- В. От 21 до 25 часов.
- Г. От 26 до 30 часов.

Задача 8 (2 балла) Чем ионизация газов отличается от диссоциации электролитов?

- А. В результате ионизации образуются ионы и электроны, а при диссоциации только ионы.
- Б. В результате ионизации образуются электроны, а при диссоциации только ионы.
- В. В результате ионизации образуются ионы, а при диссоциации только электроны.
- Г. В результате ионизации образуются только ионы, а при диссоциации ионы и электроны.

Задача 9 (2 балла). Проводит ли стекло электрический ток?

- А. Проводит электрический ток, так как является диэлектриком.

- Б. Не проводит электрический ток, так как является диэлектриком.
В. Не проводит электрический ток, только при комнатной температуре.
Г. Проводит электрический ток, только при комнатной температуре.

Задача 10 (2 балла) Что произойдет с горячей электрической дугой, если сильно охладить отрицательный электрод?

- А. увеличиться газовый разряд. Б. Уменьшиться газовый разряд.
В. Ничего не произойдет. Г. Прекратиться газовый разряд.

Задача 11 (2 балла) В усилителе, собранном на транзисторе по схеме с общей базой, сила тока в цепи эмиттера равна 12 мА, в цепи базы 600 мкА. Найти силу тока в цепи коллектора.

- А. 114 А. Б. 11,4 А. В. 1,14 А. Г. 0,114 А.

Задача 12 (2 балла) Ток проходит через различные ванны с раствором медного купороса. Вторая ванна вдвое длиннее первой, в третьей — раствор нагревается, а в четвертой ванне находится насыщенный раствор купороса. На катоде первой ванны отложилось 2 г меди. Сколько граммов меди отложится на катодах остальных ванн, если все они соединены последовательно?

- А. 1 г. Б. 2 г. В. 3 г. Г. 4 г.

Задача 13 (3 балла) Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 10^0C равно 50 Ом. До какой температуры была нагрета нить, если ее сопротивление стало равным 550 Ом?

- А. От 1100^0C до 2000^0C . Б. От 2100^0C до 2200^0C .
В. От 2300^0C до 2400^0C . Г. От 2500^0C до 26000^0C .

Задача 14 (3 балла). Какой наименьшей скоростью должен обладать свободный электрон алюминия, который, двигаясь перпендикулярно его поверхности, вылетел из него, если работа выхода у алюминия 3,74 эВ?

- А. От 1200 км/с до 2000 км/с. Б. От 2200 км/с до 3000 км/с.
В. От 3200 км/с до 4000 км/с. Г. От 4200 км/с до 5000 км/с

Задача 15 (4 балла). Покрытие стальных деталей производится двухвалентным никелем при плотности тока в электролитической ванне $J=400\text{A}/\text{м}^2$. Сколько времени потребуется для покрытия детали слоем никеля толщиной 60 мкм?

Задача 16 (4 балла). Напряженность электрического поля внутри вольфрамовой нити накаливания электролампочки 330 В/м, диаметр нити 0,05 мм. Найдите силу тока, протекающего через нить, если ее температура 2000^0C .

Задача 17 (4 балла) Лифт массой 1,4 т поднимается на высоту 10 м за 30 с. Напряжение на зажимах электродвигателя 220 В его КПД 90 %. Определите мощность, развиваемую электродвигателем, и силу тока в нем

Задача 18 (5 балла) когда сопротивление нагрузки, подключенной к батарее, увеличили в n раз, напряжение на нагрузке увеличилось от U_1 до U_2 . Найдите Э.Д.С. батареи.

Литература

1. Гончаренко С.У.
Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2002.-319 с
2. Коршак Е.В.
Физика-Учебник для 10 класса – К.: Освіта, 2003.-321 с
3. Под редакцией Гельфгат И. М.
Сборник разноуровневых заданий для государственной итоговой аттестации по физике. – Харьков: «Гимназия, 2003 – 80 с»
4. Кирик Л.А.
Физика 10. Разноуровневые самостоятельные и контрольные работы по 12 бальной системе. Харьков: «Гимназия, 2002 – 187 с»